



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN Y
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL”

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011



INDICE

MEMORIA

PÁGINA

1. Introducción	5
1.1. Objeto del proyecto	5
1.2. Situación	5
1.3. Descripción de la nave	5
1.4. Superficie	6
1.5. Descripción de la actividad	7
1.6. Suministro de energía	7
1.7. Previsión de cargas	7
1.8. Normativa	8
2. Esquema de distribución	9
3. Alumbrado	10
3.1. Introducción	10
3.2. Conceptos luminotécnicos	11
3.3. Proceso de cálculo	14
3.3.1. Información previa de los factores de partida	14
3.3.2. Determinación del nivel de iluminación	15
3.3.3. Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria- lámpara	16
3.3.3.1 Sistemas de iluminación	16
3.3.3.2. Tipos de lámparas	19
3.3.4. Determinación del factor de mantenimiento	20
3.3.4.1. Factor de mantenimiento bueno	20
3.3.4.2. Factor de mantenimiento medio	20
3.3.4.3. Factor de mantenimiento malo	20
3.3.5. Cálculos del índice del local	20
3.3.6. Determinación del factor de utilización	22
3.3.7. Cálculo del flujo a instalar	24
3.3.8. Cálculo del número de luminarias	24
3.3.9. Distribución de las luminarias	25
3.4. Alumbrado interior	25
3.4.1. Justificación de las lámparas y luminarias empleadas	25
3.4.2. Soluciones empleadas	26
3.5. Alumbrados especiales	30
3.5.1. Solución empleada	31
4. Conductores y distribución en baja tensión	35



4.1. Introducción	35
4.2. Factores para el cálculo de cables	35
4.3. Prescripciones generales	37
4.3.1. Conductores activos	37
4.3.2. Conductores de protección	37
4.4. Sistemas de canalizaciones	38
4.4.1. Canalizaciones	38
4.4.2. Tubos protectores	39
4.5. Receptores	41
4.5.1. Receptores para alumbrado	41
4.5.2. Receptores a motor	42
4.5.2.1. Un solo motor	42
4.5.2.2. Varios motores	42
4.6. Tomas de corriente	42
4.6.1. Introducción	42
4.6.2. Tipos de tomas de corriente	42
4.6.3. Situación y número de tomas de corriente	43
4.7. Proceso para el cálculo de secciones	43
4.8. Normas para la elección del cable	44
4.9. Normas de la elección del tubo	44
4.10. Soluciones adoptadas	46
 5. Protecciones en baja tensión	 47
5.1. Introducción	47
5.2. Protección de la instalación	47
5.2.1. Protección contra sobrecargas	48
5.2.2. Protecciones contra cortocircuitos	48
5.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito	50
5.3. Protección de las personas	52
5.3.1. Protección contra contactos directos	53
5.3.2. Protección contra contactos indirectos	54
5.4. Solución adoptada	54
5.4.1. Cuadro general de protección	55
5.4.2. Cuadros secundarios	59
5.4.2.1. Cuadro auxiliar 1: Taller de producción	59
5.4.2.2. Cuadro auxiliar 2: Almacén de materia prima	63
5.4.2.3. Cuadro auxiliar 3: Almacén de producto terminado	66
5.4.2.4. Cuadro auxiliar 4: Oficinas 1ª planta	70
5.4.2.5. Cuadro auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja	75
5.4.2.6. Cuadro auxiliar 6: I. exteriores + edificios exteriores	80
5.4.2.7. Cuadro auxiliar 7: Maquinaria I	87
5.4.2.8. Cuadro auxiliar 8: Maquinaria II	90



5.4.2.9. Cuadros tomas de corriente	92
6. Puestas a tierra	93
6.1. Introducción	93
6.1.1. Objetivo de la puesta a tierra	94
6.1.2. Partes de la puesta a tierra	94
6.2. Elementos a conectar a la toma de tierra	97
6.3. Solución adoptada	97
7. Corrección del factor de potencia	98
7.1. Generalidades	98
7.2. Ventajas de un elevado factor de potencia	98
7.3. Métodos para mejorar el factor de potencia	99
7.3.1. Procedimientos directos	99
7.3.2. Procedimientos indirectos	99
7.3.3. Elección del método de compensación	99
7.4. Clasificación y elección de la compensación	99
7.4.1. Clasificación por la situación de la compensación	99
7.4.2. Elección de la situación para la compensación	100
7.4.3. Clasificación por tipo de condensador	100
7.4.4. Elección del tipo de compensación	101
7.4.5. Características técnicas del equipo de compensación automática	101
8. Centro de transformación	102
8.1. Introducción	102
8.2. Características generales del centro de transformación	102
8.3. Características de las celdas	103
8.4. Descripción de la instalación	103
8.4.1. Obra civil	103
8.4.1.1. Local	103
8.4.1.2. Características constructivas	103
8.5. Instalación eléctrica	105
8.5.1. Características de la red de alimentación	105
8.5.2. Características de la aparamenta de media tensión	106
8.5.3. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión	108
8.6. Cuadro general de baja tensión	111
8.7. Instalación de puesta a tierra	111
8.7.1. Introducción	111
8.7.2. Investigación de las características del suelo	112
8.7.3. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación	112



del defecto.

8.7.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra	113
8.8. Instancias	113
8.9. Aparatos de media tensión	113
8.10. Aislamiento	113
8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación	114
9. Resumen del presupuesto de la instalación	116



MEMORIA

1. Introducción

1.1. Objeto del proyecto

Se redacta este proyecto con objeto de definir las características técnicas de la Instalación Eléctrica en Baja Tensión y su Centro de Transformación que va a ser realizada en una nave industrial situada en el número 12 de la calle D del Polígono Industrial de Isasia, perteneciente al término municipal de Alsasua (Navarra).

Dicha nave será construida por necesidad de implantación de un nuevo proceso de producción. En ella se realizará el diseño, almacenamiento y producción de módulos solares fotovoltaicos.

1.2. Situación

La nave industrial situada en el número 12 de la calle D del Polígono Industrial de Isasia, perteneciente al término municipal de Alsasua (Navarra).

1.3. Descripción de la nave

La nave en la que se desarrollará la actividad es limítrofe a otras parcelas en las que se encuentran otras naves, en las que se desarrollan actividades también de tipo industrial.

La nave está formada por 3 partes diferenciadas: planta baja (nave), oficinas (planta primera) y edificios exteriores. Los vestuarios se encuentran en la planta baja.

Las características constructivas de la nave son las siguientes:

- La zona delantera de la nave está formada por un edificio de 2 plantas y a continuación se encuentra la nave en sí.
- La estructura de cubierta es de panel sándwich y tragaluces. La estructura es a cuatro aguas.
- La altura libre mínima de la nave es de 6,75 m hasta canalón y de 8,3 hasta la cubierta central.
- Las paredes de los edificios de oficinas que separan los distintos despachos son de pladur.
- El suelo de la nave es de hormigón pintado. La zona de oficinas norte y sur se halla pavimentada con cerámica.
- El suelo en las oficinas es de tipo desmontable.



- La parcela posee dos accesos para vehículos de forma directa desde la calle del polígono: uno en la zona norte para el acceso de camiones a la zona de muelles y otro en la zona este para el acceso de coches. Estas puertas son correderas.

- El acceso de peatones a la zona de oficinas se realiza a través de una puerta peatonal en fachada.

1.4. Superficie

La distribución en metros útiles es la siguiente:

Edificio Principal: **Superficie (m2)**

Planta baja:

Taller	1496,5
Almacén de materia prima	857,5
Almacén de producto terminado	2642,74
Vestuario masculino	84,4
Vestuario femenino	49
Laboratorio	34,13
Área de descanso	33,15
Oficina técnica	42,46
Zona de paso	21,05
Escaleras	11,83
RAC	8,03
Distribuidor	7,2
TOTAL	5287,99

Planta primera (oficinas):

Sala 1	8,94
Sala 2	21,22
Sala 3	27,31
Sala 4	34,4
Oficinas comunes	76,08
Sala de espera	17,93
TOTAL	185,88

Edificios exteriores:

Centro de transformación	12,98
--------------------------	-------



Central de aire comprimido	30,22
Sala de calderas	30,22
Climatizador	54,31
Local disponible 1	81,58
Local disponible 2	22,95
Local disponible 3	76,5
Edificio instalaciones 2	326,71
Edificio instalaciones 1	104,72
TOTAL	740,19

TOTAL:	6214,06
---------------	----------------

1.5. Descripción de la actividad

La actividad a desarrollar en esta nave industrial será el montaje y almacenaje de módulos fotovoltaicos.

1.6. Suministro de energía

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante una red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.

1.7. Previsión de cargas

De acuerdo con la actividad que se va a realizar, la relación entre la maquinaria que se va a utilizar y la potencia total a instalar es la siguiente:

<u>FUERZA</u>	<u>POTENCIA CONSUMIDA (W)</u>
Compresor	10000
Caldera	15000
Lavadora	36500
Laminadora 1	55200
Laminadora 2	55200
Laminadora 3	55200
Ensambladora 1	10000
Ensambladora 2	10000
Simuladora	960



Corte sobrante	200
Framing	5200
Paletizado	16800
Cell sorte	4800
Banda transportadora	10000
Puerta nave 1	750
Puerta nave 2	750

TOTAL	286560
--------------	---------------

ALUMBRADO	POTENCIA CONSUMIDA (W)
Taller de producción	21351,6
Almacén de materia prima	12479,1
Almacén de producto terminado	28772,7
Exterior	5976
Oficinas	11728

TOTAL	80307,4
--------------	----------------

TOTAL	366867,4
--------------	-----------------

1.8. Normativa

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:

- **REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.**
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- **REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.** Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- **NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.**
- **NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.**
- **NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN,** así como la **NORMA TECNOLÓGICA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA.**



- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.** Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- **LEY 31/1995,** de 8 de noviembre, **DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones

2. Esquema de distribución

En este apartado analizaremos las alternativas más importantes que afectan a la seguridad de la actividad y de las personas así como su viabilidad técnica y económica. El fin que se busca es la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.

El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red. Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones y frente a sobreintensidades.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

- La primera letra indica cómo está conectada la alimentación respecto a tierra:
 - T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
 - I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
 - T; Las masas están conectadas directamente a tierra.
 - N; Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
 - S; Son conductores independientes
 - C; Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.



Se analizarán las distintas conexiones que hay y se escogerá la que más convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.

El sistema elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del REBT 2002.)

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.

La solución más segura sería elegir el esquema IT, pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación a la instalación nos hace desechar esta opción.

Por otro lado, el esquema TN se desecha, ya que, es muy parecido al TT y éste último es el más utilizado en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones.

Otra ventaja del régimen TT es que la seguridad de la instalación está en función de la resistencia de utilización, la del usuario (Ru), es decir, vigilar y controlar, la seguridad está en manos del usuario.

3. Alumbrado

3.1. Introducción



El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- a) La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- d) Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

3.2. Conceptos luminotécnicos

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre luminotecnia, como:

- Flujo radiante (ϕ):

Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (W).

- Flujo luminoso (ϕ_v):

Es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el Lúmen (Lm).

- Lúmen:

Es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estereo-radián.



- Angulo sólido (w):

Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r , y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estereo-radián.

$$W = \frac{S}{r^2}$$

$$\phi_v = I \times w$$

Siendo:

w : ángulo sólido.

S : superficie de la base del cono.

r : radio de la base del cono.

I : intensidad lumínica.

ϕ_v : flujo luminoso.

- Energía radiante (Q_e):

Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).

- Cantidad de luz (Q_v):

Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: Lúmen por segundo ($Lm \cdot sg$) o Lúmen por hora ($Lm \cdot hora$).

- Intensidad luminosa (I):

Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la Candela (Cd).

- Candela (Cd):

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es $1/683 \text{ w} \cdot \text{estereo-radián}$.

- Distancia luminosa:

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- Iluminancia (E):



Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).

$$E = \frac{\phi}{S}$$

- Lux (Lx):

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lúmen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1\text{Lux} = 1 \text{ Lm} / 1\text{m}^2$$

- Luminancia:

Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es Cd x m².

- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:

Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lúmen por vatio (Lm/ W).

Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20 Lm/ W
- Incandescentes con halogenuros (3-10000W): 18- 22 Lm/ W
- Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93 Lm/ W
- Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82 Lm/ W
- Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58 Lm/ W
- Halogenuros metálicos (75-3500W): 60- 95 Lm/ W
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130 Lm/ W
- Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183 Lm/ W

- Temperatura del color:

La temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de las lámparas:

- Blanco cálido: 3000 K
- Blanco: 3500K



- Blanco frío: 4200 K
- Luz día: 6500 K

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halógenos: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K
- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halógenos metálicos : 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática:

Es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con $R_a = 100$, muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.

Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores: $R_a < 50$ rendimiento bajo; entre 50 y 80 rendimiento moderado; entre 80 y 90 bueno y entre 90 y 100 rendimiento excelente.

3.3. Proceso de cálculo

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

3.3.1. Información previa de los factores de partida

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Forma y configuración del local.



- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

3.3.2. Determinación del nivel de iluminación

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realicen en ellos.

Mediante una serie de investigaciones científicas, surgen tablas que relacionan el nivel de iluminación con los distintos locales y las tareas a realizar. Estas tablas nos sirven como guía para poder determinar que iluminación llenará cada local, siendo estas de carácter orientativo ya que siempre se deberá estudiar cada caso.

A continuación se incluye una tabla con los niveles de iluminación según la clase de edificio y la tarea a realizar:

Clase de edificio y espacio a iluminar	Nivel de iluminación en Lux (Lx)
Escuelas:	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres en general	500
Aulas de dibujo	1000
Hospitales:	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250
Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
Sala de operación y autopsias:	
Iluminación general	1000
Puesto de trabajo	mayor 5000
Quirófano	20000-100000
Zona adyacente quirófano	10000
Hostales y restaurantes:	
Habitaciones y pasillos	200
Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
Imprenta:	



Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
Locales de trabajo:	
Garajes y aparcamientos	80
Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
Locales de venta y exposición:	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500
Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
Montaje de piezas:	
Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
Oficinas:	
Trabajos de mecanografía	750
Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
Punto y confección:	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
Trabajo de la madera:	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

Además hay que destacar que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20%, el nivel menos iluminado de ambos no será inferior a 200 Lx. En el de un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no será inferior a 500 Lx.

3.3.3. Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria- lámpara

3.3.3.1. Sistemas de iluminación

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.



La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.

Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben de ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflectada sobre el techo, por ello su empleo está restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con este tipo de iluminación se consigue que entre el 60% y el 90% del flujo luminoso emitido se dirija hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras que el resto del flujo luminoso, del 10% al 40%, se dirige hacia techo y paredes.

La iluminación difusa, da una importancia creciente a la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40% al 60% con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40% y el 60% del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos



del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60% al 100% del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tres clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

A) Alumbrado general

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica.

Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución luminosa más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

B) Alumbrado general localizado

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

C) Alumbrado suplementario

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.



3.3.3.2. Tipos de lámparas

A) Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización.

Debido al bajo rendimiento luminoso y a su reducida duración, no son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define T^a de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La T^a de color define únicamente el color (tono de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el año (2000 horas o más).

El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo.

Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

C) Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido. Estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales.

En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

D) Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas



últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

3.3.4. Determinación del factor de mantenimiento

En toda instalación de alumbrado hay tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Teniendo en cuenta estos tres elementos, se definen tres condiciones de mantenimiento que nos permiten valorar cuantitativamente el factor de mantenimiento o factor de depreciación.

3.3.4.1. Factor de mantenimiento bueno

Cuando las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas exentas de polvo y suciedad. Este factor de mantenimiento toma valores comprendidos entre 0,70 y 0,90. Típicamente se toma 0,75 o 0,8.

3.3.4.2. Factor de mantenimiento medio

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60 y 0,70. Típicamente se toma 0,65.

3.3.4.3. Factor de mantenimiento malo

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50 y 0,60. Típicamente se toma 0,55.

3.3.5. Cálculos del índice del local

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice local y nos sirve después, para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:



$$\text{Relación del local} = \frac{A * L}{h * (A + L)}$$

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 * A * L}{2 * h * (A + L)}$$

En ambas formulas:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

h = altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la altura de suspensión de la luminaria C, mas la altura de montaje h, y más el 0,85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0,85 \text{ m}$$

Como H y C son datos previos de las instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0,85) \text{ m}$$

Con el de relación del local calculado, Se calculará el índice del local, K con ayuda de la siguiente tabla:

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00



3.3.6. Determinación del factor de utilización

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

En general, para su detección, existen valores tabulados según cada fabricante e incluso programas de ordenador. A continuación se expone una tabla con los valores del factor de utilización, en función de los tipos de luminaria más frecuentes, del índice del local y de la reflexión de techos y paredes:

Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, F_u							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	B	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
	A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62

Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.61	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58



Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	B	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
	A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55

Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	B	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40
Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	B	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancho (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	B	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64
	A	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.65	0.66	0.62



El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores.

Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades existe la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.

Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	70 – 90
Beige claro	70 – 80
Amarillo y crema claro	60 – 75
Verde muy claro	60 – 75
Verde claro	70 – 80
Verde claro y roas	45 – 65
Azul claro	45 – 55
Gris claro	40 – 50
Rojo claro	30 – 50
Marrón claro	30 – 40
Beige oscuro	25 – 35
Marrón, verde, azul oscuros	5 – 20
Negro	3 – 4

3.3.7. Cálculo del flujo a instalar

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

S= superficie del local.

f_m = factor de mantenimiento, determinado según se ha visto.

η = factor de utilización, determinado según se ha visto.

3.3.8. Cálculo del número de luminarias

Una vez calculado el flujo total Φ_T , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria Φ_i (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:



$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Donde:

N = Número de luminarias.

Φ_T = Flujo a instalar.

n = Número de lámparas por luminaria.

Φ_L = Flujo de la lámpara.

3.3.9. Distribución de las luminarias

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

En los locales de aseos, la separación para baños y duchas llega hasta el techo de la planta, y por tanto se han aumentado el número de luminarias para que todas las estancias estén iluminadas.

3.4. Alumbrado interior

3.4.1. Justificación de las lámparas y luminarias empleadas

- Luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W, estas luminarias vienen con su lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP), Philips HPI-P 400W. La luz que emiten estas lámparas es blanca y por lo tanto dan una iluminación más limpia y clara que las de vapor de sodio.

Están recomendadas para alumbrado interior de naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antecorredores de aeropuertos y salas de espera de estaciones, en definitiva en locales de gran altura.

- Luminarias de empotrar Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840, albergando cuatro tubos fluorescentes. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color. Están recomendadas para tiendas, escuelas, hospitales, oficinas, edificios industriales, etc.

- Luminaria adosada Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D



58W/840, albergando 2 fluorescentes de 58 W. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

- Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.
- Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P18W/840 I 230V L ESTANCO, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P18W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.
- Lámpara exterior Philips MVF480 2xSON-TPP400W -NB, estas luminarias vienen con dos lámparas Philips SON-TPP400W. Estas lámparas están recomendadas para usos en exteriores.
- Lámpara exterior de vapor de sodio a. p., Philips SWF230 1xSON-TPP150W A/35, estas luminarias vienen con sus lámparas Philips SON-TPP 150W. Estas lámparas están recomendadas para usos en exteriores.
- Luminaria Philips; Ref: TCS 160 1xTL-D58W HFP A, estas luminarias vienen con una lámpara fluorescente Philips; TL-D Super 58W/840 de descarga de mercurio de baja presión. Tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil.

3.4.2. Soluciones empleadas

Nave:

- **Taller de producción:**

-28 luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W, incluida lámpara.

- **Almacén de materia prima:**

-15 luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W, incluida lámpara.

- **Almacén de producto terminado:**

-36 luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W, incluida lámpara.



- **Vestuario masculino:**

- 6 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 24 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Vestuario femenino:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Laboratorio:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Área de descanso:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Oficina técnica:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Zona de paso:**

- 2 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 4 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **RAC:**

- 1 luminaria Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 4 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Escaleras:**

- 2 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 8 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Distribuidor:**

- 1 luminaria Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 4 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

**Oficinas:**

- **Sala 1:**

- 2 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 8 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Sala 2:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Sala 3:**

- 4 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 16 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Sala 4:**

- 5 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 20 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Oficinas comunes:**

- 9 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 36 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Sala de espera:**

- 2 luminarias Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB.
- 8 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840.

- **Aseo 1:**

- 3 luminarias Phillips Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20.
- 6 lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840.

- **Aseo 2:**

- 3 luminarias Phillips Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20.
- 6 lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840.

**Exteriores:**

- **Iluminación exterior:**

- 12 luminarias Philips MVF480 2xSON-TPP400W -NB.
- 24 Luminarias Phillips Philips SON-TPP400W.
- 5 luminarias Philips SWF230 1xSON-TPP150W A/35.
- 5 Luminarias Phillips Philips SON-TPP150W.

- **Centro de transformación:**

- 1 luminaria Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 2 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Sala de calderas:**

- 6 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 12 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Central de aire comprimido:**

- 6 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 12 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Climatizador:**

- 4 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 8 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Local disponible 1:**

- 9 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 18 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Local disponible 2:**

- 4 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 8 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Local disponible 3:**

- 9 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 18 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.

- **Edificio instalaciones 2:**

- 12 luminarias Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP.
- 24 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840.



3.5. Alumbrados especiales

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen las salidas.

Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización y de reemplazamiento.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo.

Una misma líneas no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especiales, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque un número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:

- a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para evacuación de más de 100 personas.



- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- d) Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- f) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- g) Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para cumplir las condiciones del articulado puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de las luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a la que estén instaladas las luminarias comprendida entre 2,00 y 2,50 metros.

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.

Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

3.5.1. Solución empleada

Para llevar a cabo el alumbrado de emergencia se utilizarán los siguientes aparatos autónomos:



- Proyectoros autónomos de emergencia Legrand de 2x65w y 1500lm.
Estos proyectores los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de la nave.
- Proyectoros autónomos de emergencia Legrand de 4x25w y 1100 lm.
Estos proyectores los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de la nave.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 34; 8W de 260 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 0615 18; 6W de 140 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6624 03; 6W de 300 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 22; 8W de 150 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 25; 8W de 450 lm.
Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de los proyectores, que se colocarán a una altura de 3 m respecto del suelo.

Solución adoptada:

Nave:

- **Taller de producción:**

- 5 Proyectoros autónomos de emergencia Legrand de 2x65w y 1500lm.
- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Almacén de materia prima:**

- 4 Proyectoros autónomos de emergencia Legrand de 4x25w y 1500lm.
- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.



- **Almacén de producto terminado:**

- 8 Proyectoras autónomos de emergencia Legrand de 2x65w y 1500lm.
- 4 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6624 03; 6W de 300 lm.

- **Vestuario masculino:**

- 4 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Vestuario femenino:**

- 3 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Laboratorio:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Área de descanso:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Oficina técnica:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 22; 8W de 150 lm.

- **Zona de paso:**

- 1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **RAC:**

- 1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Escaleras:**

- 2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

Oficinas:

- **Sala 1:**

- 1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 0615 18; 6W de 140 lm.

- **Sala 2:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6624 03; 6W de 300 lm.

- **Sala 3:**

-2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 34; 8W de 260 lm.

- **Sala 4:**

-2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 34; 8W de 260 lm.

- **Oficinas comunes:**

-4 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6624 03; 6W de 300 lm.

- **Sala de espera:**

-2 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 0615 18; 6W de 140 lm..

- **Aseo 1:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 0615 18; 6W de 140 lm.

- **Aseo 2:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 0615 18; 6W de 140 lm.

Exteriores:

- **Centro de transformación:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Sala de calderas:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 22; 8W de 150 lm.

- **Central de aire comprimido:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 22; 8W de 150 lm.

- **Climatizador:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 34; 8W de 260 lm.



- **Local disponible 1:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 25; 8W de 450 lm.

- **Local disponible 2:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm.

- **Local disponible 3:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 25; 8W de 450 lm.

- **Edificio instalaciones 2:**

-1 Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 25; 8W de 450 lm.

4. Conductores y distribución en baja tensión

4.1. Introducción

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

4.2. Factores para el cálculo de cables

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

1. Calentamiento de los conductores.
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

1. Calentamiento de los conductores

Si por un conductor cuya resistencia es “R” ohmios, circula una intensidad de “I” amperios, se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo es:



$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \text{ Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, el material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left(\frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

ΔT = incremento admisible de la temperatura.

ΔT_n = incremento de la temperatura en condiciones normales.

I_n = intensidad nominal en condiciones normales.

I = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Si la intensidad I crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura, pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes mencionados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de



estas redes están fijadas en las instrucciones complementarias correspondientes a este reglamento.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como: disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza.

4.3. Prescripciones generales

4.3.1. Conductores activos ITC BT 19

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.

Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

4.3.2. Conductores de protección ITC BT 19

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación.



Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> - Con un mínimo de 2.5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. - Con un mínimo de 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica. 	

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35 mm², se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm².

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a $1000 \times U$ ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de por lo menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

4.4. Sistemas de canalizaciones

4.4.1. Canalizaciones

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija.



Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas ó a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados, etc.

4.4.2. Tubos protectores

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos.

Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70° C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificadas en las tablas de la instrucción ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre si mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.



- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:



- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

4.5. Receptores ITC BT 43

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 43.

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación, necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento y controlar esa conexión.

4.5.1. Receptores para el alumbrado

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 44.

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso



de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los conductores de fase.

- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC BT 44.

4.5.2. Receptores a motor ITC BT 47

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 47.

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

4.5.2.1. Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

4.5.2.2. Varios motores

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma de 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás motores.

4.6. Tomas de corriente

4.6.1. Introducción

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315. Sin embargo, las bases de toma de corriente para uso industrial seguirán lo acordado en la Norma UNA 60309.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

4.6.2. Tipos de tomas de corriente

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T)
- Tomas de corriente monofásicas de 25 A a 230 V. (2P+T)
- Tomas de corriente monofásicas para los ordenadores.
- Tomas de corriente trifásicas de 25 A a 400 V. (4P+T)



4.6.3. Situación y número de tomas de corriente

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en la zona de oficinas. En todas las zonas de la Nave industrial las tomas de corriente irán a una altura de 1,5 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

4.7. Proceso para el cálculo de secciones

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.
5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que esté dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal del 1,5% de la tensión nominal. En el caso de la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

1. Criterio de la caída de tensión

a. Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm²)

L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

c = Conductividad del cobre (S/m=56)

u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

V = Tensión nominal (V)



2. Criterio térmico

a. Para líneas trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia conectada (W)

V = Tensión nominal (V)

4.8. Normas para la elección del cable

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

1. El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
2. La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña).
3. El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación.

La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

4.9. Normas para la elección del tubo ITC BT 21

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC BT 21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre sí más de 25 metros.

Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.



4.10. Soluciones adoptadas

1. Conductores:

RZ1-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para la acometida).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

RV-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para instalaciones interiores).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado PVC.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 70°.

Cortocircuito: 160°.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento CÁLCULOS del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

2. Canalizaciones

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes:

a) Acometida:

La acometida partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Irá enterrada bajo tubo en una zanja.

Se llevará una terna de cables, constituida por tres fases y neutro, cada una de las fases por un conductor unipolar de 400 mm² y el neutro por un cable unipolares de 185 mm².

b) Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde la C.G.P. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá rodeando las



diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros. Las bajantes a los cuadros auxiliares se hará a través de bandeja portacables y en los últimos 3 metros esta bandeja llevará una tapa para no tener acceso fácil a los conductores y evitar de esta manera peligros.

c) Derivaciones:

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables y los últimos tres metros de la bajante la bandeja irá con tapa.

Así mismo las derivaciones a la zona de oficinas se realizará a través de una bandeja portacables que irá por encima del falso techo. Al llegar a cada despacho la canalización será de tubo de PVC que irá a través de falso techo y por catas.

5. Protecciones en baja tensión

5.1. Introducción

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 22, ITC BT 23, ITC BT 24; se deben considerar las siguientes protecciones:

a) Protección de la instalación

- Contra sobrecargas.
- Contra cortocircuitos.

b) Protección de las personas

- Contra contactos directos.
- Contra contactos indirectos.

5.2. Protección de la instalación

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.



Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

5.2.1. Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximada que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omipolar con curva térmica de corte.

5.2.2. Protecciones contra cortocircuitos

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

- Corriente de cortocircuito

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito mientras este dure.

La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito, mientras que la componente de corriente continua se atenúa hasta anularse.

- Corriente alterna de cortocircuito



Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

- Impulso de la corriente de cortocircuito

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

- Corriente alterna inicial de cortocircuito

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

- Corriente permanente de cortocircuito

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y a la excitación nominal.

- Potencia inicial de cortocircuito

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- Retardo mínimo de desconexión

Es el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

- Tipos de cortocircuito según las clases de defecto

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.

- Impedancia de cortocircuito

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de



cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión.

Se admite, no obstante que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

Ley general:

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} * Z_t}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito eficaz en KA

U_s = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en mΩ.

Cálculo de Z_t:

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia Z compuesta de:

- Un elemento resistente **R**.



- Un elemento inductivo **X** llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de R y X, después se suman aritméticamente por separado.

A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las R es un cateto y la suma de las X es el otro cateto, la hipotenusa es el valor de Z_T que estamos buscando y se halla mediante el teorema de Pitágoras:

$$Z_T = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Determinación de la impedancia “aguas arriba de la red”:

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (400 MVA).

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba desde el secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_{cc}}$$

Donde:

U_s^2 = tensión en vacío del secundario en voltios.

S_{cc} = potencia de cortocircuito en KVA.

Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en $m\Omega$.

Transformador:

Para un cálculo aproximado, se puede despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_n} * \frac{U_{cc}}{100}$$

Donde:

U_s = tensión en vacío entre fases en voltios.

U_{cc} = tensión de cortocircuito en % (4%)

S = potencia aparente en KVA (400 KVA)

Z, X = impedancia o reactancia al secundario en $m\Omega$.

La resistencia, o parte real de la impedancia del transformador es despreciable.

La resistencia y reactancia de todo el aparataje de alta tensión lo consideramos despreciable.

**Conductores:**

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{L}{S} * \rho$$

Donde:

R = resistencia del conductor (Ω).

ρ = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia:

$$X = 0,15 * L$$

Donde:

X = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25 mm² se podría despreciar la reactancia).

L = longitud del conductor (m).

5.3. Protección de las personas

Siempre que existe entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir de dos formas posibles:

- a) Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.
- b) Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Diversos estudios se han realizado para determinar con exactitud, los valores peligrosos en intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 es igual a 50 V,



valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximos de contacto que son:

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

5.3.1. Protección contra contactos directos

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos, se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20460 que son:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.
- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20324.
- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; el empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.



5.3.2. Protecciones contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución; siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- El punto neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A * I_A < U$$

Donde:

R_A = suma de las resistencias de tima de tierra y de los conductores de protección de las masas.

I_A = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

U = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial- residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

5.4. Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera. A continuación cada línea dispondrá de un interruptor diferencial. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la nave. A parte de esto, también se ha de colocar un interruptor automático al principio de cada una de las líneas, para la protección de



éstas. La línea que va a la batería de condensadores está protegida por su interruptor automático y su interruptor diferencial.

Para los cuadros auxiliares cada línea estará protegida por un interruptor automático y abra un interruptor diferencial por cada 5 líneas como máximo.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea una sensibilidad menor que la de los interruptores diferenciales situados aguas abajo.

Los cuadros de la instalación quedan definidos de la siguiente manera:

5.4.1. Cuadro general de protección

ENTRADA:

Sección del cable: 3x400/185 mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 630A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

Línea cuadro auxiliar 1: Alumbrado taller de producción.

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P



- Curva C

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 2: Alumbrado almacén de materia prima.

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

Línea cuadro auxiliar 3: Alumbrado almacén de producto terminado.

Sección del cable: 3x70/35+35TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 22 KA



- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 4: Oficinas (planta primera).

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

Línea cuadro auxiliar 5: Vestuarios y salas (planta baja).

Sección del cable: 3x35/16+16TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

Línea cuadro auxiliar 6: Tomas de corriente + alumbrado exterior.

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu



RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 7: Maquinaria I

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Sensibilidad: 500 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea cuadro auxiliar 8: Maquinaria II

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Sensibilidad: 500 mA
- N° de polos: 4P



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Línea de la batería de condensadores:

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm²

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 400A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 400 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

5.4.2. Cuadros secundarios

Desde el Cuadro General se alimentará a varios cuadros secundarios. Se rotularán de modo que pueda identificarse cada protección con su circuito o máquina.

5.4.2.1. Cuadro auxiliar 1: Taller de producción

ENTRADA:

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 125A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 1.1:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 1.2:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 1.3:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu



RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 1.4:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 1.5:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 1.6:



Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 1.7:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 1.8:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 1.9:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm²

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A



- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva D

5.4.2.2. Cuadro auxiliar 2: Almacén de materia prima

ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 30A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 2.1:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



Circuito 2.2:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 2.3:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 2.4:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA



- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 2.5:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 2.6:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 2.7:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva D

Circuito 2.8:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm² Cu



RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

5.4.2.3. Cuadro auxiliar 3: Almacén de producto terminado

ENTRADA:

Sección del cable: 3x70/35+35TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 3.1:

Sección del cable: 2x4+4TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA



- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.2:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.3:

Sección del cable: 2x4+4 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.11:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 3.4:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.5:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.6:

Sección del cable: 2x4+4 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Diferencial 3



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 3.7:

Sección del cable: 2x4+4 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.8:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.9:

Sección del cable: 2x4+4 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 3.11:



Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva D

5.4.2.4. Cuadro auxiliar 4: Oficinas 1ª planta

ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 4.1:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.2:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.3:

Sección del cable: 2x2,5+2,5 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.4:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



Circuito 4.5:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 4.6:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.7:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA



- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.8:

Sección del cable: 2x2,5+2,5 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.9:

Sección del cable: 2x2,5+2,5 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.10:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 4.11:

Sección del cable: 2x2,5+2,5 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.12:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.13:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.14:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 4.15:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

5.4.2.5. Cuadro auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

ENTRADA:

Sección del cable: 3x35/16+16TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Poder de corte: 16 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

**Circuito 5.1:**

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 5.2:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.3:

Sección del cable: 2x1,5+1,5 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 5.4:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.5:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 5.6:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.7:



Sección del cable: 2x10+10TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.8:

Sección del cable: 2x10+10 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.9:

Sección del cable: 2x10+10 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 50A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.10:

Sección del cable: 2x4+4TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 5.11:

Sección del cable: 2x4+4 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.12:

Sección del cable: 2x4+4TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 5.13:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 5.14:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 5.15:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 4,5 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

5.4.2.6. Cuadro auxiliar 6: I. exteriores + edificios exteriores

ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C



SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.1:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

Circuito 6.2:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

Circuito 6.3:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 6.4:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.5:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 6.6:



Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 6.7:

Sección del cable: 3x10/10+10TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 30A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.8:

Sección del cable: 2x2,5+2,5 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA



- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 6.9:

Sección del cable: 2x1,5+1,5 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 6.10:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 6.11:

Sección del cable: 2x1,5+1,5 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Diferencial 4

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 32A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.12:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 6.13:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C

Circuito 6.14:

Sección del cable: 2x4+4TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 6.15:

Sección del cable: 2x6+6TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Diferencial 4

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 6.16:

Sección del cable: 2x4+4TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 6.17:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: F+N
- Curva D

Circuito 6.18:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm² Cu

**RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE**

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Circuito 6.19:

Sección del cable: 3x6/6+6TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

5.4.2.7. Cuadro auxiliar 7: Maquinaria I**ENTRADA:**

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 7.1:

Sección del cable: 3x35/16+16TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 7.2:

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 7.3:



Sección del cable: 3x6/6+6 TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 7.4:

Sección del cable: 3x6/6+6TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Diferencial 4

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 7.5:

Sección del cable: 2X1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: F+N



- Curva B

Circuito 7.6:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

Circuito 7.7:

Sección del cable: 2x6+6TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B

5.4.2.8. Cuadro auxiliar 8: Maquinaria II

ENTRADA:

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:



Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 8.1:

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Diferencial 2

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 8.2:

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Diferencial 3

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 100 A



- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 8.3:

Sección del cable: 3x10/10+10 TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 8.4:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

Circuito 8.5:

Sección del cable: 3X6/6+6TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

5.4.2.9. Cuadros Tomas de Corriente



ENTRADA:

Sección del cable: 3x10/10+10TT mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

SALIDAS:

Diferencial 1

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

Circuito 9.1:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 6KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Circuito 9.2:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 6 KA
- N° de polos: F+N
- Curva C



Circuito 9.3:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 6nKA
- N° de polos: F+N
- Curva C

6. Puestas a tierra

6.1. Introducción

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

- Locales húmedos 24 voltios.
- Locales secos 50 voltios.

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

6.1.1. Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de



sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también derivará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

6.1.2. Partes de la puesta a tierra

Terreno:

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.



La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

Tomas de tierra:

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio, y consta de tres partes fundamentales:

1.- Electrodos.

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc.

Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra.

En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

2.- Líneas de enlace con tierra.

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman



parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm² de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

3.- Punto de puesta a tierra.

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

Línea principal de tierra:

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm² de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC BT 18 en la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> - Con un mínimo de 2.5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. - Con un mínimo de 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica. 	

Conductores de protección:



Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC BT 19.

6.2. Elementos a conectar a la toma de tierra

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- a) Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- b) Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- c) Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- d) Instalación de pararrayos.
- e) Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- f) Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- g) Toda masa o elemento metálico significativo.
- h) Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

6.3. Solución adoptada

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm² desnudo y enterrado a una profundidad de 0,8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por los colores amarillo-verde.

7. Corrección del factor de potencia



7.1. Generalidades

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el $\cos\varphi$ o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

7.2. Ventajas de un elevado factor de potencia

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:

- a) Disminución de la caída de tensión en las líneas.
- b) Reducción del dimensionamiento de las líneas.
- c) Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia.

Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

- d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.

Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente S para una misma potencia activa P disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

- e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
- f) Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores de: $0,95 < \cos\varphi < 1$.

7.3. Métodos para mejorar el factor de potencia

7.3.1. Procedimientos directos



Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procurar en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas de la instalación, siendo las más importantes:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

7.3.2. Procedimientos indirectos

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

7.3.3. Elección del método de compensación

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado, se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

7.4. Clasificación y elección de la compensación

7.4.1. Clasificación por la situación de la compensación

Situación en cabecera:

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También se conseguirá ajustar la potencia aparente “S”, a lo que se necesite en la instalación. Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no se conseguirá disminuir las pérdidas por efecto Joule.

Situación en cada receptor inductivo:



Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

Situación en una zona intermedia:

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

7.4.2. Elección de la situación para la compensación

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no van a ser importantes.

Finalmente se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.

7.4.3. Clasificación por tipo de condensador

Compensación fija:

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

Compensación automática (variable):

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecúan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el factor de potencia objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el factor de potencia de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia capacitiva.

7.4.4. Elección del tipo de compensación

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía



absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el factor de potencia de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

7.4.5. Características técnicas del equipo de compensación automática

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 225 KVAR M22540 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

Referencias:

Q(kvar): 225 kVAR
Composición kvar (nºgrupos x kvar): 25+50+2x75
I nominal (A): 325 A
Tensión (V): 400 V

Características:

Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.
Tensión máxima admisible: 470 V.
Grado de protección: IP 2X con la puerta abierta.
Protección: IP 31- IK 05.
Normas: IEC 60439-1 y 2, y EN 60439-1.

8. Centro de transformación

8.1. Introducción

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13,2 KV subterránea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.



Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 400 KVA.

Reglamentación y disposiciones oficiales:

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

8.2. Características generales del centro de transformación

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.

Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte sur de la nave.

8.3. Características de las celdas

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envoltorio metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

8.4. Descripción de la instalación



8.4.1. Obra civil

8.4.1.1. Local

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte sur de la nave, a la misma altura de la CGP.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

8.4.1.2. Características constructivas

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-5 de ORMAZABAL, cuyas características más destacadas serán:

Compacidad:

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

Material:

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

Equipotencialidad:

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000Ω .



Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.

Impermeabilidad:

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.

Grados de protección:

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

Envolvente:

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

Suelos:

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

Cuba de recogida de aceite:



La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

Puertas y rejillas de ventilación:

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas a continuación:

- Longitud (mm): 6080
- Altura (mm): 3045
- Fondo (mm): 2380
- Peso (kg): 17460

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

8.5. Instalación eléctrica

8.5.1. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 400 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

8.5.2 Características de la aparamenta de media tensión

Las características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación son los siguientes:

Celdas CGM



El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF₆), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

Base y frente:

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Cuba:

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF₆ se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Mando:



Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

Fusibles (Celda CMP-F):

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Conexión de cables:

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal, si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal, si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características eléctricas:

Las características eléctricas generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal. (U_n) → 24 kV

Nivel de aislamiento:

Frecuencia industrial (1 min)

- A tierra y entre fases → 50 kV
- A la distancia de seccionamiento

Impulso tipo rayo → 60 kV

- A tierra y entre fases → 125 kV
- A la distancia de seccionamiento → 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica.

8.5.3. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión

**Entrada: CGM-CML Interruptor – seccionador.**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de $U_n = 24$ kV e $I_n = 400$ A y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 kA/20kA
- Capacidad de cierre 40 kA

Celda de protección con fusibles:

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo UN = 24 kV e $I_n = 400$ A y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 kg de peso.

La celda CMP–F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400^a
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

Celda de medida:

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un



módulo de $U_n = 24 \text{ kV}$ y 800 mm de ancho por 1025 de fondo por 1800 de alto y 180 kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos auxiliares y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar $I_n = 400 \text{ A}$
- 3 transformadores de intensidad de relación $30 - 60 / 5 \text{ A}$ Clase 0,5, aislamiento 24 kV
- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación $13200 - 22000 / 110$, Clase 0,5, aislamiento 24 kV
- Embarrado de puesta a tierra

Transformador:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 kV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Ormazabal conectado con acoplamiento Dyn 11.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia: 400 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

Equipo base:



- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado
- Orificio de llenado
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras
- 4 ruedas bidireccionales
- 2 tomas de puesta a tierra

Características eléctricas del transformador:

Potencia en (KVA)	400
Tensión primaria (kV)	13,2 /20
Tensión secundaria en vacío (V)	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Pérdidas en vacío (W)	750
Pérdidas en carga (W)	4600
Tensión de cortocircuito (%)	4
Caída de tensión a plena carga (%)	1,22
Rendimiento (%)	99

Dimensiones del transformador:

Potencia (KVA)	400
Largo (mm)	1537
Ancho (mm)	941
Alto (mm)	1004



En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

8.6. Cuadro general de baja tensión

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.P. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.

8.7. Instalación de puesta a tierra

8.7.1. Introducción

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 kV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.



De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

8.7.2. Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 500 Ωm (Terreno cultivable poco fértil).

8.7.3. Determinación de las corriente máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

8.7.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra



Tierra de protección:

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas, prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión.

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 4 x 6 m cuyo código de identificación es 70-60/5/46 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Tierra de servicio:

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 4 picas en hilera separadas 6 m y con profundidad de 4 m, cuyo código de identificación es 5/44 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

8.8. Instancias

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11 – 1971.

8.9. Aparatos de media tensión

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 kV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

8.10. Aislamiento

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 kV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 kV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2 / 50µseg.
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación

Alumbrado:

En el interior del centro de transformación se instalará 1 luminarias de Philips,



modelo Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP; capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización de Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm, el cual señalizará el acceso peatonal al centro de transformación.

Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1,95 m², y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2,30 m² para la salida del aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Elementos y medidas de seguridad:

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por sí solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20099.

Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los que aseguran la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante.
- Cuadro de primeros auxilios.
- Par de guantes aislantes.
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).



9. Resumen del presupuesto total de la instalación

Descripción	TOTAL (€)
Acometida	10202,52
Protecciones	46767,77
Conductores, tubos y canalizaciones	73021,33
Puesta a tierra	2687,03
Alumbrado	67455,92
Tomas de corriente y elementos varios	2762,40
Centro de transformación	37734,40
Compensación de energía reactiva	5716,08
Seguridad y salud	739,28
Presupuesto de ejecución material	247086,73
Gastos generales (5%)	12354,34
Beneficio industrial (10%)	24708,67
Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A.	284149,73
I.V.A. (18%)	51146,95
Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.	335296,69
Redacción del proyecto (4%)	11365,99
Dirección del proyecto (4%)	11365,99
I.V.A. Onorarios(18%)	4091,76
Presupuesto total	362120,42

Pamplona, Julio 2011

Xabier Madoz Belaunzaran.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011



INDICE

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

PÁGINA

1.	Datos iniciales	5
2.	Cálculo de la instalación de alumbrado	5
2.1.	Pasos para el cálculo	5
2.2.	Nivel de iluminación	6
2.3.	Cálculo lumínico	8
2.3.1.	Datos de partida	8
2.3.2.	Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias	9
2.3.3.	Cálculo de iluminación interior	10
2.3.3.1.	Taller de producción	10
2.3.3.2.	Almacén de materia prima	11
2.3.3.3.	Almacén de producto terminado	13
2.3.3.4.	Oficinas (sala de espera)	14
2.3.3.5.	Oficinas (Sala 1)	15
2.3.3.6.	Oficinas (Sala 2)	16
2.3.3.7.	Oficinas (Sala 3)	17
2.3.3.8.	Oficinas (Sala 4)	18
2.3.3.9.	Oficinas (Oficinas comunes)	19
2.3.3.10.	Vestuario femenino	20
2.3.3.11.	Vestuario masculino	22
2.3.3.12.	Distribuidor	23
2.3.3.13.	Cuarto de limpieza	24
2.3.3.14.	Laboratorio.	25
2.3.3.15.	Área de descanso	26
2.3.3.16.	Zona de paso	27
2.3.3.17.	Oficina técnica	29
2.3.3.18.	RAC	30
2.3.3.19.	Escaleras.	31
2.3.3.20.	Centro de transformación	32
2.3.3.21.	Central de aire comprimido	33
2.3.3.22.	Sala de calderas	34
2.3.3.23.	Climatizador	35
2.3.3.24.	Local disponible 1	37
2.3.3.25.	Local disponible 2	38
2.3.3.26.	Local disponible 3	39
2.3.3.27.	Edificio instalaciones 2	40
2.3.3.28.	Locales sin estudios lumínico	41
2.3.4.	Cálculo iluminación exterior	41
2.3.4.1.	Exterior (Norte)	42



2.3.4.2.	Exterior (Oeste)	42
2.3.4.3.	Exterior (Sur)	43
2.3.4.4.	Exterior (Este 1)	44
2.3.4.5.	Exterior (Este 2)	44
2.3.5.	Cálculo de iluminación de emergencia	45
2.3.5.1.	Taller de producción	45
2.3.5.2.	Almacén de materia prima	46
2.3.5.3.	Almacén de producto terminado	46
2.3.5.4.	Oficinas (sala de espera)	47
2.3.5.5.	Oficinas (Sala 1)	47
2.3.5.6.	Oficinas (Sala 2)	47
2.3.5.7.	Oficinas (Sala 3)	48
2.3.5.8.	Oficinas (Sala 4)	48
2.3.5.9.	Oficinas (Oficinas comunes)	48
2.3.5.10.	Vestuario femenino	49
2.3.5.11.	Vestuario masculino	49
2.3.5.12.	Laboratorio.	49
2.3.5.13.	Área de descanso	50
2.3.5.14.	Oficina técnica	50
2.3.5.15.	RAC	50
2.3.5.16.	Zona de paso	51
2.3.5.17.	Escaleras.	51
2.3.5.18.	Centro de transformación	51
2.3.5.19.	Central de aire comprimido	52
2.3.5.20.	Sala de calderas	52
2.3.5.21.	Climatizador	52
2.3.5.22.	Local disponible 1	53
2.3.5.23.	Local disponible 2	53
2.3.5.24.	Local disponible 3	53
2.3.5.25.	Edificio instalaciones 2	54
2.3.5.26.	Locales sin estudio lumínico	54
3.	Cálculos eléctricos de la instalación	54
3.1.	Ordenación de los cuadros de baja tensión	54
3.2.	Potencia de la instalación	59
3.3.	Elección del transformador	64
3.4.	Cálculo de secciones	65
3.5.	Cálculo de las protecciones magnetotérmicas	80
3.5.1.	Ejemplo de cálculo: Magnetotérmico de C.G.P. para el cuadro auxiliar 1	82
3.5.2.	Cálculo de los interruptores magnetotérmicos	83
3.6.	Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia	87



3.6.1.	Batería de condensadores para la instalación	87
3.6.2.	Cálculo del conductor de unión de la batería	91
3.6.3.	Cálculo de la protección de la batería de condensadores	92
3.7.	Instalación de puesta a tierra	92
3.7.1.	Resistencia del electrodo	92
3.7.2.	Características del electrodo	93
3.8.	Cálculo del centro de transformación	94
3.8.1.	Datos del transformador	94
3.8.2.	Intensidad de alta tensión	94
3.8.3.	Intensidad en baja tensión	95
3.8.4.	Cortocircuitos	95
3.8.4.1.	Corriente de cortocircuito del lado de alta tensión	95
3.8.4.2.	Corriente de cortocircuito del lado de baja tensión	95
3.8.5.	Dimensionamiento del embarrado	96
3.8.5.1	Celdas	96
3.8.5.2	Comprobación por densidad de corriente	96
3.8.5.3	Comprobación por sollicitación electrodinámica	97
3.8.5.4	Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito	97
3.8.6	Protecciones de Alta y Baja Tensión.	97
3.8.6.1	Alta tensión	98
3.8.6.2	Baja tensión	98
3.8.7	Dimensión de la ventilación del Centro de transformación	98
3.8.8	Dimensión del pozo apagafuegos	99
3.8.9	Cálculo de la puesta a tierra	99
3.8.9.1	Terreno	99
3.8.9.2	Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes	100
3.8.9.3	Diseño de la instalación de tierra	101
3.8.9.3.1	Tierra de protección	101
3.8.9.3.2	Tierra de servicio	102
3.8.9.4	Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra	103
3.8.9.4.1	Tierra de protección	103
3.8.9.4.2	Tierra de servicio	104
3.8.9.5	Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación	105
3.8.9.6	Cálculo de las tensiones en el interior de la	105



instalación	
3.8.9.6 Cálculo de las tensiones máximas aplicadas	106
3.8.9.7 Investigación de tensiones transferibles al exterior.	107
3.8.9.8 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.	107



CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. Datos iniciales

La empresa pretende implantar una nueva nave industrial para la producción de módulos fotovoltaicos para su posterior venta. Esta nave industrial se va a situar en el polígono industrial Isasia de Alsasua.

Se ha encargado la ejecución del dimensionamiento del conjunto de instalaciones según los datos de la producción y los distintos equipos que precisen de ella.

Cálculos eléctricos:

Para la determinación de la instalación eléctrica a implantar, se parte de las demandas de potencia precisadas para la actividad. A partir del análisis de los receptores que constituirán la instalación, se calculará la potencia necesaria para cada receptor, calculándose después intensidades y caídas de tensión, para comprobar si las secciones y los calibres de las protecciones cumplen las especificaciones del reglamento electrotécnico de baja tensión. Una vez obtenida la potencia total de la instalación y la potencia parcial de cada grupo de receptores de cada subcuadro eléctrico, se dimensionará la necesidad en cuanto a compensación de energía reactiva. Además de esto, el cálculo del transformador y sus celdas a instalar en el centro de transformación ubicado en el exterior de la nave industrial.

También se realizará el cálculo lumínico de las zonas más importantes, disminuyendo al mínimo el consumo eléctrico y obteniendo espacios con iluminación adecuada para los operarios, disminuyendo el riesgo de accidentes.

A la hora de realizar los cálculos, en primer lugar se definirán las fórmulas que utilizaremos. También se definirán las variables de estas fórmulas, y se realizarán los cálculos.

2. Cálculo de la instalación de alumbrado

2.1 Pasos para el cálculo

El proceso de cálculo del sistema de iluminación seguirá los siguientes pasos:

1. Determinar el nivel de iluminación, el índice unificado de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color de la luz y el plano de trabajo.
2. Elección del tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Cálculo de la distribución y del número de luminarias



Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0,85 metros del suelo.

2.2 Nivel de iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo permitirá a los operarios que tengan una visibilidad adecuada para poder desarrollar las actividades de la empresa sin riesgo para su seguridad y salud.

En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

ANEXO IV. Iluminación de los lugares de trabajo.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100



(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:
 - a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
 - b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
 - c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
 - d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
 - e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

2.3 Cálculo lumínico

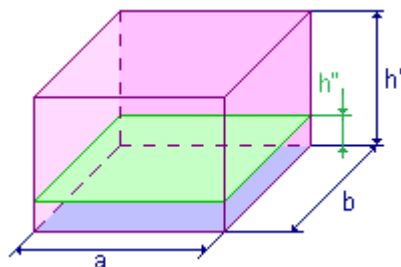
A continuación se realiza la explicación de cómo se realizará el cálculo lumínico por medio del método de los lúmenes, sacado del libro llamado LLUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad, cuyo autor es D. José Ramírez Vázquez. Después se realizarán los cálculos para cada zona de la nave industrial.

2.3.1 Datos de partida

Al utilizar este método de cálculo, los resultados obtenidos no son del todo exactos, sino aproximaciones. En los planos se observa mejor la distribución.

A continuación se numeran los datos de partida necesarios para empezar con los cálculos:

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo.
El plano de trabajo depende de la actividad que realicemos, tal y como se ha visto en un apartado anterior.

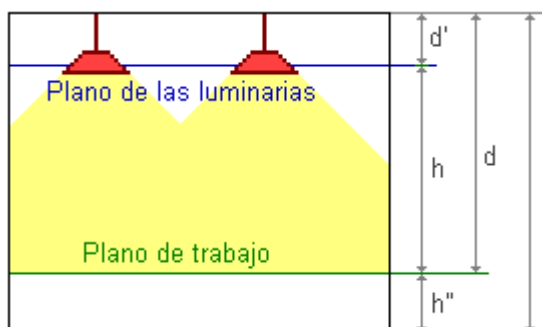


- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local. Esta la elegiremos siguiendo los criterios de la tabla del anexo 4 del Real Decreto 486/1997 tal y como lo hemos hecho anteriormente.
- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas. Para ello nos guiaremos de la siguiente tabla.

	Altura de luminarias:
Locales de altura normal (Oficinas, viviendas, aulas..)	Lo más altas posibles

Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa.

$$\text{Óptimo: } h = \frac{4}{5}(h' - 0,85)$$



h : altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

h' : altura del local.

h'' : altura del plano de trabajo.

d : altura del plano de trabajo al techo.

d' : altura entre el techo y las luminarias.

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:

$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$ Donde k tomará un valor entre 1 y 10. Si el valor obtenido es superior, se tomará 10. En cambio si el valor obtenido es menor, se tomará 1.

- Estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local. La reflexión para el suelo será del 20%.
- Con estos dos últimos factores y la tabla que se proporciona a continuación obtendremos el factor de utilización, y si fuera preciso, interpolaremos en ella.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

- Por último, estableceremos el factor de mantenimiento (f_m), que en este caso será de 0,8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.

2.3.2 Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias



$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

Φ_T = Flujo luminoso total.

E = Iluminancia media deseada.

S = Superficie del plano de trabajo.

η = Factor de utilización.

f_m = Factor de mantenimiento.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Donde:

N = Número de luminarias.

Φ_L = Flujo luminoso de cada lámpara.

n = Número de lámpara por luminaria.

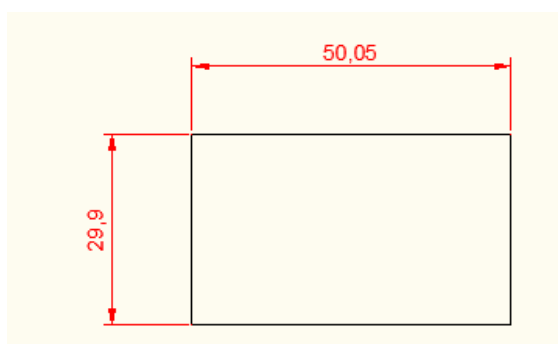
Redondearemos en exceso.

2.3.3 Cálculo de iluminación interior

Se establecen los diferentes parámetros para los cálculos lumínicos de cada zona.

2.3.3.1 Taller de producción

Para calcular la altura del taller, hay que tener en cuenta que el tejado de la nave industrial no es paralelo al suelo, sino que tiene caída. Por lo tanto, se establece un valor medio aproximado.



Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 29,9 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 50,05 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 7,5 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} &= 1496,33 \text{ m}^2 \\ d' &= 1,33 \text{ m} & h &= 5,35 \text{ m} & n &= 1 & E &= 340 \text{ lux} & \Phi_L &= 42500 \end{aligned}$$

Iluminancia media deseada: 340 lux



Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) , HPI Plus de Philips, 400 W.

Tipo de luminaria: Modelo: Cabana HPK150 1xHPI-P400

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{29,9 \times 50,05}{5,35 \times (29,9 + 50,05)} = 3,5$$

Utilizaremos el factor $k=3,5$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,53$$

Obtenemos el flujo luminoso total

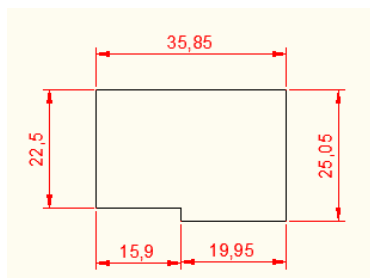
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{340 \times 1496,33}{0,53 \times 0,8} = 1200019,58$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{1200019,58}{1 \times 42500} = 28,23$$

Utilizaremos 28 luminarias.

2.3.3.2 Almacén de materia prima



**Dimensiones del local:**

a (m) = 35,85 m **b (m)** = 22,5 m **h' (m)** = 7,5 m **h'' = 0,85 m** **S (m)** = 857,49 m²
d' = 1,33 m **h = 5,35 m** **n = 1** **E = 300 lux** **Φ_L = 42500** **a'(m) = 19,95**
b'(m) = 2,55 m

Iluminancia media deseada: 300 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) , HPI Plus de Philips, 400 W.

Tipo de luminaria: Modelo: Cabana HPK150 1xHPI-P400

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{35,85 \times 22,5}{5,35 \times (35,85 + 22,5)} + \frac{19,95 \times 2,55}{5,35 \times (19,95 + 2,55)}$$

$$= 2,59 + 0,423 = 3,02$$

Utilizaremos el factor k=3. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,5$$

Obtenemos el flujo luminoso total

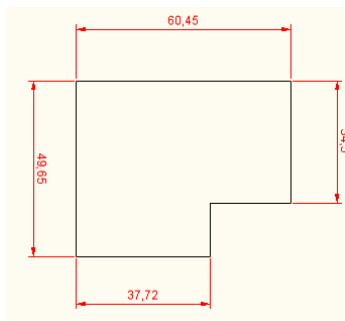
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 857,49}{0,5 \times 0,8} = 643123,12$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{643123,12}{1 \times 42500} = 15,13$$

Utilizaremos 15 luminarias.

2.3.3.3 Almacén de producto terminado.



$a \text{ (m)} = 49,65$ $b \text{ (m)} = 37,72$ $h' \text{ (m)} = 7,5$ $h'' = 0,85$ $S \text{ (m}^2\text{)} = 2640$
 $d' = 1,33$ $h = 5,35$ $n = 1$ $E = 300 \text{ lux}$ $\Phi_L = 42500$ $a' \text{ (m)} = 34,5$
 $b' \text{ (m)} = 22,73$

Iluminancia media deseada: 300 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) , HPI Plus de Philips, 400 W.

Tipo de luminaria: Modelo: Cabana HPK150 1xHPI-P400

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{49,65 \times 37,72}{5,35 \times (49,65 + 37,72)} + \frac{34,7 \times 22,73}{5,35 \times (34,7 + 22,73)} = 4 + 2,57 = 6,57$$

Utilizaremos el factor $k=6,57$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,65$$

Obtenemos el flujo luminoso total

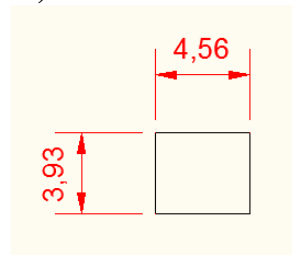
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 2640}{0,65 \times 0,8} = 1541251,51$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{1541251,51}{1 \times 42500} = 36,2$$

Utilizaremos 36 luminarias.

2.3.3.4 Oficinas (sala de espera)



a (m) = 3,93 m **b (m)** = 4,56 m **h' (m)** = 3,2 m **h''** = 0,85 m **S (m)** = 17,92 m²
d' = 0,47 m **h** = 1,88 m **n** = 4 **E** = 400 lux **Φ_L** = 4450

Nivel de iluminación: 400 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,93 \times 4,56}{1,88 \times (3,93 + 4,56)} = 1,12$$

Utilizaremos el factor k=1,12. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,27$$

Obtenemos el flujo luminoso total

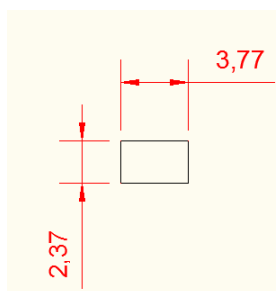
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 17,92}{0,27 \times 0,8} = 33186,67$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{33186,67}{4 \times 4450} = 1,86$$

Utilizaremos 2 luminarias.

2.3.3.5 Oficinas (Sala 1)



$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 2,37 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 3,77 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3,2 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} &= 8,94 \text{ m}^2 \\ d' &= 0,47 \text{ m} & h &= 1,88 \text{ m} & n &= 4 & E &= 700 \text{ lux} & \Phi_L &= 4450 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,37 \times 3,77}{1,88 \times (2,37 + 3,77)} = 0,77$$

Utilizaremos el factor $k = 0,77$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

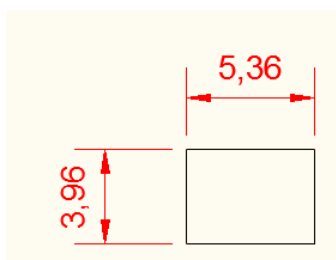
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 8,94}{0,24 \times 0,8} = 32575,16$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{32575,16}{4 \times 4450} = 1,83$$

Utilizaremos 2 luminarias.

2.3.3.6 Oficinas (Sala 2)



a (m) = 3,96 m **b (m)** = 5,36 m **h' (m)** = 3,2 m **h''** = 0,85 m **S (m²)** = 21,22 m²
d' = 0,47 m **h** = 1,88 m **n** = 4 **E** = 700 lux **Φ_L** = 4450

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,96 \times 5,36}{1,88 \times (3,96 + 5,36)} = 1,21$$



Utilizaremos el factor $k=1,21$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,291$$

Obtenemos el flujo luminoso total

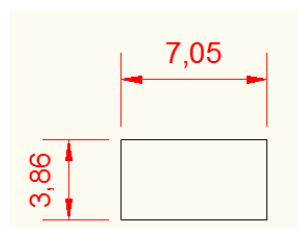
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 21,22}{0,291 \times 0,8} = 63822,68$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{63822,68}{4 \times 4450} = 3,59$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.7 Oficinas (Sala 3)



$$\begin{array}{llllll} \mathbf{a \text{ (m)}} = 3,86 \text{ m} & \mathbf{b \text{ (m)}} = 7,05 \text{ m} & \mathbf{h' \text{ (m)}} = 3,2 \text{ m} & \mathbf{h''} = 0,85 \text{ m} & \mathbf{S \text{ (m}^2\text{)}} = 27,21 \text{ m}^2 \\ \mathbf{d'} = 0,47 \text{ m} & \mathbf{h} = 1,88 \text{ m} & \mathbf{n} = 4 & \mathbf{E} = 700 \text{ lux} & \mathbf{\Phi_L} = 4450 \end{array}$$

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:



$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,86 \times 7,05}{1,88 \times (3,86 + 7,05)} = 1,33$$

Utilizaremos el factor $k = 1,33$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,311$$

Obtenemos el flujo luminoso total

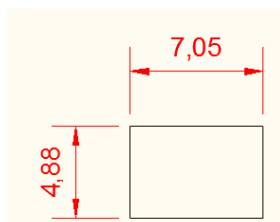
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 27,21}{0,311 \times 0,8} = 76563,91$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{76563,91}{4 \times 4450} = 4,3$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.8 Oficinas (Sala 4)



$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 4,88 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 7,05 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3,2 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} &= 34,4 \text{ m}^2 \\ d' &= 0,47 \text{ m} & h &= 1,88 \text{ m} & n &= 4 & E &= 700 \text{ lux} & \Phi_L &= 4450 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,88 \times 7,05}{1,88 \times (4,88 + 7,05)} = 1,53$$

Utilizaremos el factor $k = 1,53$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,343$$

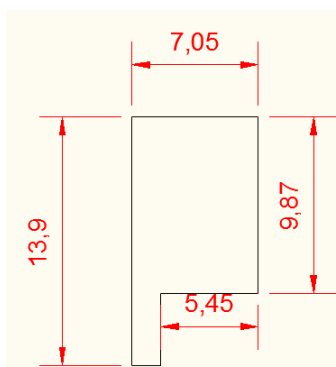
Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 34,4}{0,343 \times 0,8} = 87765,31$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{87765,31}{4 \times 4450} = 4,93$$

Utilizaremos 5 luminarias.

2.3.3.9 Oficinas (Oficinas comunes)

$$\begin{array}{llllll} a \text{ (m)} = 9,87 & b \text{ (m)} = 7,05 & h' \text{ (m)} = 3,2 & h'' = 0,85 & S \text{ (m)} = 76,08 & \text{m}^2 \\ d' = 0,47 & h = 1,88 & n = 4 & E = 700 \text{ lux} & \Phi_L = 4450 & a' \text{ (m)} = 4,06 \\ b' \text{ (m)} = 1,60 & & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} - \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{9,87 \times 7,05}{1,88 \times (9,87 + 7,05)} + \frac{4,06 \times 1,6}{1,88 \times (4,06 + 1,6)} = 2,2 + 0,6 = 2,80$$

Utilizaremos el factor $k = 2,80$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,448$$

Obtenemos el flujo luminoso total

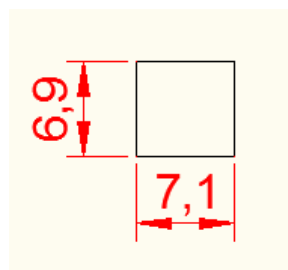
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 76,08}{0,448 \times 0,8} = 148592,77$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{148592,77}{4 \times 4450} = 8,35$$

Utilizaremos 9 luminarias.

2.3.3.10 Vestuario femenino.



$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 7,1 & b \text{ (m)} &= 6,9 & h' \text{ (m)} &= 3,2 & h'' &= 0,85 & S \text{ (m}^2\text{)} &= 48,91 \\ d' &= 0,47 & h &= 1,88 & n &= 4 & E &= 400 \text{ lux} & \Phi_L &= 4450 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 400 lux



Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{7,1 \times 6,9}{1,88 \times (7,1 + 6,9)} = 1,86$$

Utilizaremos el factor $k=1,86$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,383$$

Obtenemos el flujo luminoso total

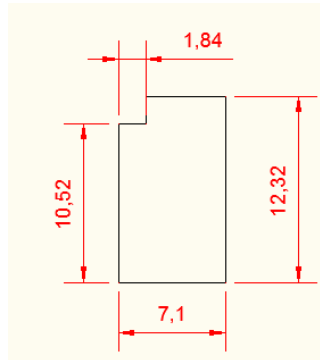
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 48,91}{0,383 \times 0,8} = 63955,61$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{63955,61}{4 \times 4450} = 3,6$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.11 Vestuario masculino



$a \text{ (m)} = 7,1 \text{ m}$ $b \text{ (m)} = 12,32 \text{ m}$ $h' \text{ (m)} = 3,2 \text{ m}$ $h'' = 0,85 \text{ m}$ $S \text{ (m)} = 77,70 \text{ m}^2$
 $d' = 0,47 \text{ m}$ $h = 1,88 \text{ m}$ $n = 4$ $E = 400 \text{ lux}$ $\Phi_L = 4450$ $a' \text{ (m)} = 1,72 \text{ m}$
 $b' \text{ (m)} = 1,80 \text{ m}$

Nivel de iluminación: 400 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} - \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{7,1 \times 12,32}{1,88 \times (7,1 + 12,32)} - \frac{1,72 \times 1,8}{1,88 \times (1,72 + 1,8)} = 2,39 - 0,468 = 1,928$$

Utilizaremos el factor $k=1,928$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,4$$

Obtenemos el flujo luminoso total

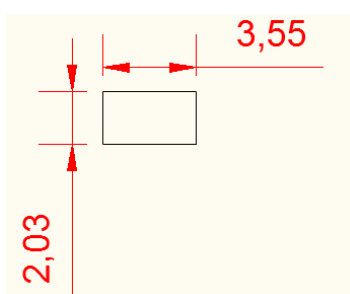
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 77,7}{0,4 \times 0,8} = 105470$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{105470}{4 \times 4450} = 5,92$$

Utilizaremos 6 luminarias.

2.3.3.12 Distribuidor



a (m) = 2,03 m **b (m)** = 3,55 m **h' (m)** = 3,2 m **h''** = 0,85 m **S (m)** = 7,21 m²
d' = 0,47 m **h** = 1,88 m **n** = 4 **E** = 400 lux **Φ_L** = 4450

Nivel de iluminación: 400 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,03 \times 3,55}{1,88 \times (2,03 + 3,55)} = 0,687$$

Utilizaremos el factor k=0,687. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

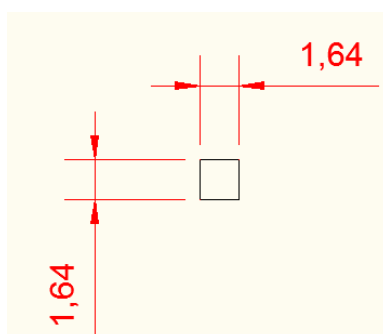
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 7,21}{0,24 \times 0,8} = 15013,54$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{15013,54}{4 \times 4450} = 0,84$$

Utilizaremos 1 luminaria.

2.3.3.13 Cuarto de limpieza



$$\begin{array}{llllll} \mathbf{a \text{ (m)}} = 1,35 \text{ m} & \mathbf{b \text{ (m)}} = 1,35 \text{ m} & \mathbf{h' \text{ (m)}} = 3,2 \text{ m} & \mathbf{h''} = 0,85 \text{ m} & \mathbf{S \text{ (m}^2\text{)}} = 2,69 \text{ m}^2 \\ \mathbf{d' = 0,47 \text{ m}} & \mathbf{h = 1,88 \text{ m}} & \mathbf{n = 1} & \mathbf{E = 350 \text{ lux}} & \mathbf{\Phi_L = 5200} \end{array}$$

Nivel de iluminación: 350 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; TL-D Super 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Ref: TCS 160 1xTL-D58W HFP A

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:



$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,64 \times 1,64}{1,88 \times (1,64 + 1,64)} = 0,44$$

Utilizaremos el factor $k=0,44$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

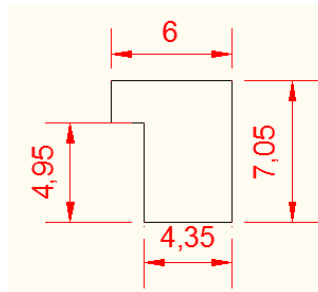
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 2,69}{0,22 \times 0,8} = 5349,43$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{5349,43}{1 \times 5200} = 1$$

Utilizaremos 1 luminaria

2.3.3.14 Laboratorio.



a (m) = 4,35 m b (m) = 4,95 m h' (m) = 3,2 m h'' = 0,85 m S (m) = 33,83 m²
 d' = 0,47 m h = 1,88 m n = 4 E = 700 lux Φ_L = 4450 a' (m) = 6 m
 b' (m) = 2,1

Nivel de iluminación: 700 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes



Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{4,35 \times 4,95}{1,88 \times (4,35 + 4,95)} + \frac{6 \times 2,1}{1,88 \times (6 + 2,1)} = 1,23 + 0,83 = 2,06$$

Utilizaremos el factor $k=2,06$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,40$$

Obtenemos el flujo luminoso total

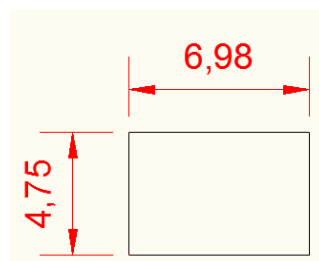
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{700 \times 33,83}{0,4 \times 0,8} = 74664,84$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{74664,84}{4 \times 4450} = 4,2$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.15 Área de descanso



$$\begin{array}{llllll} a \text{ (m)} = 6,98 \text{ m} & b \text{ (m)} = 4,75 \text{ m} & h' \text{ (m)} = 3,2 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} = 34,62 \text{ m}^2 \\ d' = 0,47 \text{ m} & h = 1,88 \text{ m} & n = 4 & E = 550 \text{ lux} & \Phi_L = 4450 \end{array}$$

Nivel de iluminación: 550 lux

Tipo de iluminación: Directa



Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{6,98 \times 4,75}{1,88 \times (6,98 + 4,75)} = 1,5$$

Utilizaremos el factor $k=1,5$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,34$$

Obtenemos el flujo luminoso total

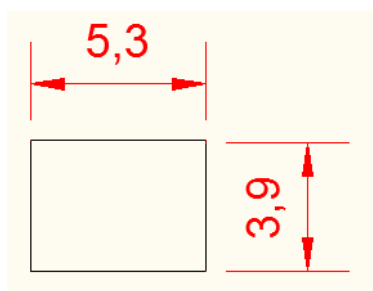
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{550 \times 34,62}{0,34 \times 0,8} = 67041,36$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{67041,36}{4 \times 4450} = 3,76$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.16 Zona de paso



$$\begin{array}{llllll} \mathbf{a \text{ (m)}} = 5,3 \text{ m} & \mathbf{b \text{ (m)}} = 3,9 \text{ m} & \mathbf{h' \text{ (m)}} = 3,2 \text{ m} & \mathbf{h''} = 0,85 \text{ m} & \mathbf{S \text{ (m}^2\text{)}} = 21,3 \text{ m}^2 \\ \mathbf{d'} = 0,47 \text{ m} & \mathbf{h} = 1,88 \text{ m} & \mathbf{n} = 2 & \mathbf{E} = 250 \text{ lux} & \mathbf{\Phi_L} = 5200 \end{array}$$



Nivel de iluminación: 250 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{5,3 \times 3,9}{1,88 \times (5,3 + 3,9)} = 1,21$$

Utilizaremos el factor $k=1,21$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,304$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 21,3}{0,304 \times 0,8} = 21629,32$$

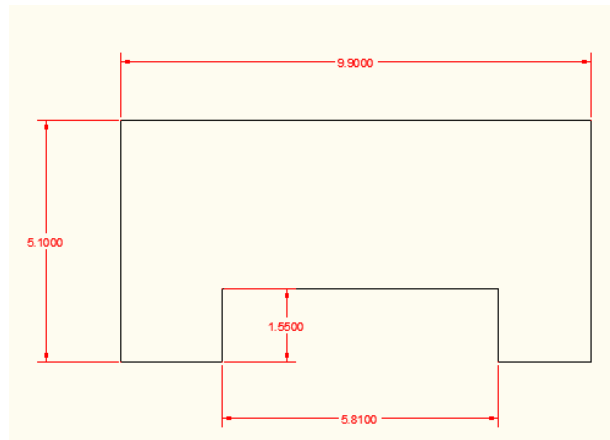
Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{21629,32}{2 \times 5200} = 2,08$$

Utilizaremos 2 luminarias.



2.3.3.17 Oficina técnica.



$a \text{ (m)} = 9,9 \text{ m}$ $b \text{ (m)} = 5,1 \text{ m}$ $h' \text{ (m)} = 3,2 \text{ m}$ $h'' = 0,85 \text{ m}$ $S \text{ (m}^2\text{)} = 49,71 \text{ m}^2$
 $d' = 0,47 \text{ m}$ $h = 1,88 \text{ m}$ $n = 4$ $E = 450 \text{ lux}$ $\Phi_L = 4450$ $a' \text{ (m)} = 5,18 \text{ m}$
 $b' \text{ (m)} = 1,55 \text{ m}$

Nivel de iluminación: 450 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} - \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{9,9 \times 5,1}{1,88 \times (9,9 + 5,1)} - \frac{5,18 \times 1,55}{1,88 \times (5,18 + 1,55)} = 1,79 - 0,63 = 1,156$$

Utilizaremos el factor $k=1,156$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,347$$

Obtenemos el flujo luminoso total



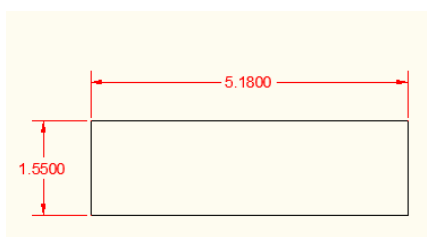
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{450 \times 42,46}{0,347 \times 0,8} = 68830,87$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{68830,87}{4 \times 4450} = 3,86$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.18 RAC



$$\begin{array}{lllll} a = 5,18 \text{ m} & b = 1,55 \text{ m} & h' = 3,2 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,47 \text{ m} \\ h = 1,88 \text{ m} & n = 2 & E = 250 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 & \\ S (m) = 8,03 \text{ m}^2 & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 250 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{5,18 \times 1,55}{1,88 \times (5,18 + 1,55)} = 0,635$$

Utilizaremos el factor $k=0,91$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:



$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

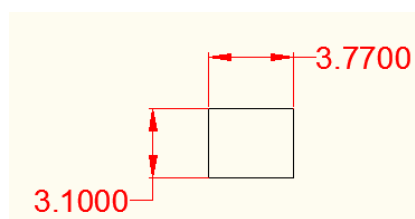
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 8,03}{0,24 \times 0,8} = 10454,43$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{10454,43}{2 \times 5200} = 1,05$$

Utilizaremos 1 luminaria.

2.3.3.19 Escaleras.



$$\begin{array}{llllll} a = 3,18 \text{ m} & b = 3,77 \text{ m} & h' = 3,2 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,47 \text{ m} \\ h = 1,88 \text{ m} & n = 4 & E = 500 \text{ lux} & \Phi_L = 4450 \\ S \text{ (m)} = 11,82 \text{ m}^2 & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 500 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:



$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,18 \times 3,77}{1,88 \times (3,18 + 3,77)} = 0,91$$

Utilizaremos el factor $k=0,91$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

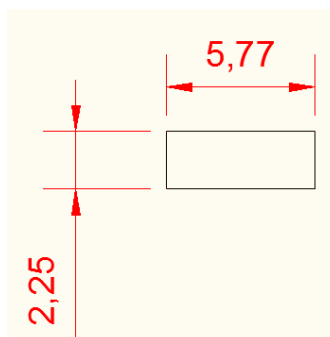
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 11,82}{0,24 \times 0,8} = 30806,25$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{30806,25}{4 \times 4450} = 1,73$$

Utilizaremos 2 luminarias.

2.3.3.20 Centro de transformación



$$\begin{array}{lllll} a = 5,77 \text{ m} & b = 2,25 \text{ m} & h' = 2,5 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,33 \text{ m} \\ h = 1,32 \text{ m} & n = 2 & E = 200 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 & \\ S \text{ (m)} = 12,98 \text{ m}^2 & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes



Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{5,77 \times 2,25}{1,32 \times (5,77 + 2,25)} = 1,23$$

Utilizaremos el factor $k=1,23$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,296$$

Obtenemos el flujo luminoso total

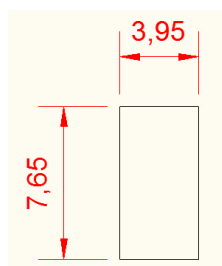
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 12,98}{0,296 \times 0,8} = 10964,95$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{10964,95}{2 \times 5200} = 1,05$$

Utilizaremos 1 luminaria.

2.3.3.21 Central de aire comprimido.



$$\begin{array}{llllll} a = 3,95 \text{ m} & b = 7,65 \text{ m} & h' = 3,6 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,55 \text{ m} \\ h = 2,2 \text{ m} & n = 2 & E = 450 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \\ S (m) = 30,40 \text{ m}^2 \end{array}$$

Nivel de iluminación: 450 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,95 \times 7,65}{2,2 \times (3,95 + 7,65)} = 1,18$$

Utilizaremos el factor $k=1,18$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,286$$

Obtenemos el flujo luminoso total

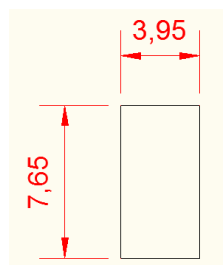
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{450 \times 30,40}{0,286 \times 0,8} = 59431,27$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{59431,27}{2 \times 5200} = 5,71$$

Utilizaremos 6 luminarias.

2.3.3.22 Sala de calderas.



$$\begin{array}{llllll} a = 3,95 \text{ m} & b = 7,65 \text{ m} & h' = 3,6 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,55 \text{ m} \\ h = 2,2 \text{ m} & n = 2 & E = 450 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \\ S \text{ (m)} = 30,40 \text{ m}^2 & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 450 lux



Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,95 \times 7,65}{2,2 \times (3,95 + 7,65)} = 1,18$$

Utilizaremos el factor $k=1,18$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,286$$

Obtenemos el flujo luminoso total

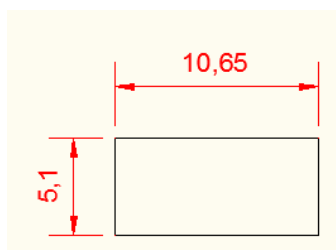
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{450 \times 30,40}{0,286 \times 0,8} = 59431,27$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{59431,27}{2 \times 5200} = 5,71$$

Utilizaremos 6 luminarias.

2.3.3.23 Climatizador.



$$\begin{array}{llllll} a = 10,65 \text{ m} & b = 5,1 \text{ m} & h' = 5,81 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,992 \text{ m} \\ h = 3,968 \text{ m} & n = 2 & E = 150 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \end{array}$$



$$S (m) = 55,64 \text{ m}^2$$

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{10,65 \times 5,1}{3,968 \times (10,65 + 5,1)} = 0,869$$

Utilizaremos el factor $k=0,87$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

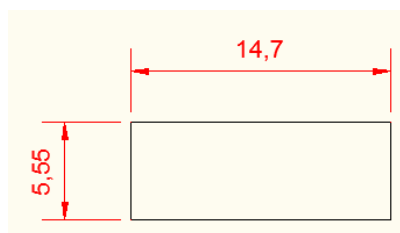
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{150 \times 55,64}{0,24 \times 0,8} = 42433,59$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{42433,59}{2 \times 5200} = 4,08$$

Utilizaremos 4 luminarias.

2.3.3.24 Local disponible 1.



$$\begin{aligned}
 a &= 14,7 \text{ m} & b &= 5,55 \text{ m} & h' &= 3,6 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & d' &= 0,55 \text{ m} \\
 h &= 2,2 \text{ m} & n &= 2 & E &= 350 \text{ lux} & \Phi_L &= 5200 \\
 S \text{ (m)} &= 82,65 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 350 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{14,7 \times 5,55}{2,2 \times (14,7 + 5,55)} = 1,83$$

Utilizaremos el factor $k=1,83$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,38$$

Obtenemos el flujo luminoso total

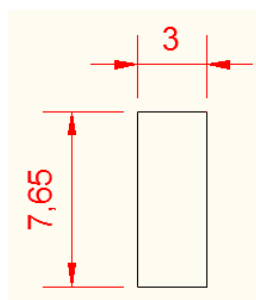
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 82,65}{0,38 \times 0,8} = 93930,1$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{93930,1}{2 \times 5200} = 9,03$$

Utilizaremos 9 luminarias.

2.3.3.25 Local disponible 2.



$$\begin{array}{llllll} a = 3 \text{ m} & b = 7,65 \text{ m} & h' = 3,6 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,55 \text{ m} \\ h = 2,2 \text{ m} & n = 2 & E = 350 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \\ S (\text{m}) = 22,8 \text{ m}^2 \end{array}$$

Nivel de iluminación: 350 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3 \times 7,65}{2,2 \times (3 + 7,65)} = 0,9795$$

Utilizaremos el factor $k=0,98$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,24$$

Obtenemos el flujo luminoso total

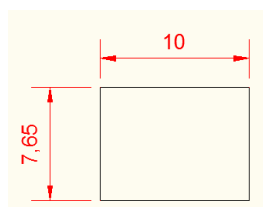
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 22,8}{0,24 \times 0,8} = 41835,93$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{41835,93}{2 \times 5200} = 4,023$$

Utilizaremos 4 luminaria.

2.3.3.26 Local disponible 3.



$$\begin{array}{llllll} a = 10 \text{ m} & b = 7,65 \text{ m} & h' = 3,6 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,55 \text{ m} \\ h = 2,2 \text{ m} & n = 2 & E = 350 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \\ S (\text{m}) = 76,05 \text{ m}^2 & & & & \end{array}$$

Nivel de iluminación: 350 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{10 \times 7,65}{2,2 \times (10 + 7,65)} = 1,97$$

Utilizaremos el factor $k=1,97$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:



$$\eta = 0,396$$

Obtenemos el flujo luminoso total

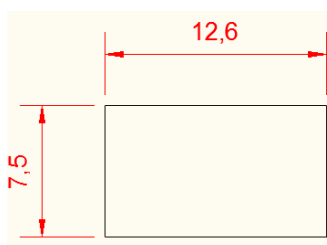
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 76,05}{0,396 \times 0,8} = 84517,04$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{84517,04}{2 \times 5200} = 8,12$$

Utilizaremos 9 luminarias.

2.3.3.27 Edificio instalaciones 2.



$$\begin{array}{llllll} a = 12,6 \text{ m} & b = 7,5 \text{ m} & h' = 5,81 \text{ m} & h'' = 0,85 \text{ m} & d' = 0,992 \text{ m} \\ h = 3,968 \text{ m} & n = 2 & E = 350 \text{ lux} & \Phi_L = 5200 \\ S (\text{m}) = 94,26 \text{ m}^2 \end{array}$$

Nivel de iluminación: 350 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 50 %, Paredes 30 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{12,6 \times 7,5}{3,968 \times (12,6 + 7,5)} = 1,18$$



Utilizaremos el factor $k=1,18$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,322$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{220 \times 96,26}{0,322 \times 0,8} = 128396,74$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{128396,74}{2 \times 5200} = 12,34$$

Utilizaremos 12 luminarias.

2.3.3.28 Locales sin estudios lumínicos

Aseos y duchas

En estas zonas lo que haremos es colocar unas luminarias tipo Downlight 2x26w con portalámparas G24-d3 para los baños y para las duchas unas luminarias Downlight estancas 2x18w.

2.3.4 Cálculo iluminación exterior

El nivel de iluminación que habrá en el exterior será bajo y muy pequeño en comparación del que se utilizará en el interior, ya que no habrá actividad en el exterior de la nave. Este nivel de iluminación será de 150 lux para zonas donde hay mucho tráfico y la entrada, de 20 lux para los aparcamientos y la fachada de donde está la entrada, y para el resto 15 lux.

La altura a la que colocaremos las luminarias será de 6,75 metros.

Utilizaremos lámparas exteriores clase I IP54 MASTER HPI-T Plus 400W/643 empotradas en la pared para alumbrar las superficies que dan al norte, este (en la entrada) y oeste, donde habrá tránsito de vehículos.

Utilizaremos lámparas de vapor de sodio a.p., clase I, IP54. SON-TPP150W empotradas en la pared con un saliente de 1,5 m para alumbrar las superficies que dan al este y al sur, donde no habrá tránsito de vehículos.

**2.3.4.1 Exterior (Norte):**

$a = 8 \text{ m}$ $b = 76,5 \text{ m}$ $h' = 6,75 \text{ m}$ $h'' = 0 \text{ m}$ $n = 1$ $E = 150 \text{ lux}$
 $\Phi_L = 35000$ $S (\text{m}) = 612 \text{ m}^2$

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/643

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MVF617 1X HPI-TP400W NB+ZVF61;

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Coefficiente de utilización: 0.66

Lámparas necesarias:

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 612}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 6,62$$

Utilizaremos 7 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{8}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{8}{6,75} \rightarrow \alpha = 50^\circ$$

2.3.4.2 Exterior (Oeste):

$a = 27 \text{ m}$ $b = 68,5 \text{ m}$ $h' = 6,75 \text{ m}$ $h'' = 0 \text{ m}$ $n = 1$ $E = 20 \text{ lux}$
 $\Phi_L = 35000$ $S (\text{m}) = 1849,5 \text{ m}^2$

Nivel de iluminación: 20 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/643

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MVF617 1X HPI-TP400W NB+ZVF61;

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm



Factor de mantenimiento: 0,60

Coefficiente de utilización: 0.66

Lámparas necesarias:

$$N = \frac{E * S}{C_u * C_m * \phi} \rightarrow N = \frac{20 * 1849,5}{0,6 * 0,66 * 17500} \rightarrow N = 2,66$$

Utilizaremos 3 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{27}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{27}{6,75} \rightarrow \alpha = 76^\circ$$

2.3.4.3 Exterior (Sur):

a = 10 m **b** = 100 m **h'** = 6,75 m **h''** = 0 m **n** = 1 **E** = 15 lux

Φ_L = 17500 **S (m)** = 1000 m²

Nivel de iluminación: 15 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; SON-TPP150W

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo SWF 230 1xSON-TPP150W A/35

Flujo luminoso de la lámpara: 17500 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Coefficiente de utilización: 0.66

Lámparas necesarias:

$$N = \frac{E * S}{C_u * C_m * \phi} \rightarrow N = \frac{15 * 1000}{0,6 * 0,66 * 17500} \rightarrow N = 2,16$$

Utilizaremos 2 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{10}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{10}{6,75} \rightarrow \alpha = 56^\circ$$

**2.3.4.4 Exterior (Este 1):**

$a = 24 \text{ m}$ $b = 31 \text{ m}$ $h' = 6,75 \text{ m}$ $h'' = 0 \text{ m}$ $n = 1$ $E = 20 \text{ lux}$

$\Phi_L = 17500$ $S \text{ (m)} = 1007,5 \text{ m}^2$ $a' = 31 \text{ m}$ $b' = 8,5 \text{ m}$

Nivel de iluminación: 20 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; SON-TPP150W

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo SWF 230 1xSON-TPP150W A/35

Flujo luminoso de la lámpara: 17500 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Coefficiente de utilización: 0.66

Lámparas necesarias:

$$N = \frac{E * S}{C_u * C_m * \phi} \rightarrow N = \frac{20 * 1007,5}{0,6 * 0,66 * 17500} \rightarrow N = 2,9$$

Utilizaremos 3 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{31}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{31}{6,75} \rightarrow \alpha = 77,7^\circ$$

2.3.4.5 Exterior (Este 2):

$a = 29 \text{ m}$ $b = 8 \text{ m}$ $h' = 6,75 \text{ m}$ $h'' = 0 \text{ m}$ $n = 1$ $E = 150 \text{ lux}$

$\Phi_L = 35000$ $S \text{ (m)} = 232 \text{ m}^2$

Nivel de iluminación: 150 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 400W/643

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MVF617 1X HPI-TP400W NB+ZVF61;

Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm

Factor de mantenimiento: 0,60



Coefficiente de utilización: 0.66

Lámparas necesarias:

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 232}{0,6 * 0,66 * 35000} \rightarrow N = 2,51$$

Utilizaremos 2 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{29}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{29}{6,75} \rightarrow \alpha = 77^\circ$$

2.3.5 Cálculo alumbrado de emergencia

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lux/m² en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de usar proyectores de gran potencia. Estos se utilizarán en el taller y en los almacenes, y se colocarán a una altura de 3m.

Para el alumbrado de emergencia de las escaleras los cálculos indican que valdría con poner 1 luminaria, pero se pondrán 2 para en caso de emergencia asegurarse que cumplen su función correctamente.

2.3.5.1 Taller de producción

Área del local: 1496,49 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 7482,45 lm

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;

Flujo luminoso de la lámpara: 1500 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W; **Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

Proyectores necesarios: 5



Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida).

2.3.5.2 Almacén de materias primas

Área del local: 857,49 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 4287,45 lm

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 45; 4x25 W;

Flujo luminoso de la lámpara: 1100 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Proyectores necesarios: 4

Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida).

2.3.5.3 Almacén de producto terminado

Área del local: 2631,16 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 13155,8 lm

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;

Flujo luminoso de la lámpara: 1500 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 310 lm

Proyectores necesarios: 8

Lámparas necesarias: 4 (2 con cartel de salida).

**2.3.5.4 Oficinas (Sala de espera)**

Área del local: 17,92 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 268,8 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 0615 18; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 140 lm

Lámparas necesarias: 2 (1 con cartel de salida).

2.3.5.5 Oficinas (Sala 1)

Área del local: 8,94 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 134,1 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 0615 18; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 140 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.6 Oficinas (Sala 2)

Área del local: 21,22 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 318,3 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6624 03; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 300 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

**2.3.5.7 Oficinas (Sala 3)**

Área del local: 27,21 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 408,15 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 34; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 260 lm

Lámparas necesarias: 2 (1 con cartel de salida).

2.3.5.8 Oficinas (Sala 4)

Área del local: 34,4 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 516 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 34; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 260 lm

Lámparas necesarias: 2 (1 con cartel de salida).

2.3.5.9 Oficinas (Oficinas comunes)

Área del local: 76,08 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 1141,2 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6614 24; 2X6 W;

Flujo luminoso de la lámpara: 300 lm

Lámparas necesarias: 4 (1 con cartel de salida).

**2.3.5.10 Vestuario femenino**

Área del local: 48,99m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 244,95 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 3 (2 con cartel de salida).

2.3.5.11 Vestuario masculino

Área del local: 77,61 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 388,05 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 4 (2 con cartel de salida).

2.3.5.12 Laboratorio

Área del local: 34,13 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 170,65 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida).

**2.3.5.13 Area de descanso**

Área del local: 33,15 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 165,75 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: B65 615 61; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida).

2.3.5.14 Oficina técnica

Área del local: 40,49 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 252,45 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida).

2.3.5.15 RAC

Área del local: 8,03 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 40,15lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 1 (1 con cartel de salida).

**2.3.5.16 Zona de paso**

Área del local: 21,04 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 105,2 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 1

2.3.5.17 Escaleras

Área del local: 11,83 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 59,19 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2 (2 con cartel de salida)

2.3.5.18 Centro de transformación

Área del local: 12,98 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 64,9 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

**2.3.5.19 Central de aire comprimido**

Área del local: 30,22 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 151,1 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 150 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.20 Sala de calderas

Área del local: 30,22 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 151,1 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 150 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.21 Climatizador

Área del local: 54,31 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 271,55 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 34; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 260 lm



Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.22 Local disponible 1

Área del local: 81,58 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 407,9 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 25; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 450 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.23 Local disponible 2

Área del local: 22,95 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 114,75 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.24 Local disponible 3

Área del local: 76,5 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 382,5 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 25; 8W;



Flujo luminoso de la lámpara: 450 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.25 Edificio instalaciones 2

Área del local: 94,5 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 472,5 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 25; 8W;

Flujo luminoso de la lámpara: 450 lm

Lámparas necesarias: 1 (con cartel de salida).

2.3.5.26 Locales sin estudio lumínico

En los aseos colocaremos un aparato autónomo de emergencia de 160 lm.

3 Cálculos eléctricos de la instalación

3.1 Ordenación de los cuadros de baja tensión

A continuación se dividirán los diferentes circuitos de la instalación interior en distintos cuadros.

En las siguientes tablas se muestra la composición de los distintos cuadros de baja tensión repartidos por la nave.

CGP:

CUADRO	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
CGP	1	Taller de producción
		Alumbrado-Fuerza
CGP	2	Almacén de materia prima
CGP	3	Almacén de producto terminado



CGP	4	Oficinas primera planta
CGP	5	Vestuarios y salas planta baja
CGP	6	Exteriores + taller de producción + almacenes
Fuerza		
CGP	7	Taller de producción
CGP	8	Taller de producción

Cuadro Auxiliar 1: Taller de producción.

CUADRO AUXILIAR 1	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Alumbrado taller de producción	1.1	Encendido 1
Alumbrado taller de producción	1.2	Emergencias 1
Alumbrado taller de producción	1.3	Encendido 2
Alumbrado taller de producción	1.4	Encendido 3
Alumbrado taller de producción	1.5	Emergencias 2
Alumbrado taller de producción	1.6	Encendido 4
Alumbrado taller de producción	1.7	Encendido 5
Alumbrado taller de producción	1.8	Encendido 6
Alumbrado taller de producción	1.9	Maniobra encendidos

Cuadro Auxiliar 2: Almacén de materia prima

CUADRO AUXILIAR 2	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Almacén materia prima	2.1	Encendido 1
Almacén materia prima	2.2	Emergencias 1
Almacén materia prima	2.3	Encendido 2
Almacén materia prima	2.4	Emergencias 2
Almacén materia prima	2.5	Encendido 3
Almacén materia	2.6	Emergencias 3



prima		
Almacén materia prima	2.7	Maniobra encendidos
		Fuerza
Almacén materia prima	2.8	Puerta nave 1

Cuadro Auxiliar 3: Almacén de producto terminado

CUADRO AUXILIAR 3	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Almacén producto terminado	3.1	Encendido 1
Almacén producto terminado	3.2	Emergencias 1
Almacén producto terminado	3.3	Encendido 2
Almacén producto terminado	3.4	Encendido 3
Almacén producto terminado	3.5	Emergencias 2
Almacén producto terminado	3.6	Encendido 4
Almacén producto terminado	3.7	Encendido 5
Almacén producto terminado	3.8	Emergencias 3
Almacén producto terminado	3.9	Encendido 6
Almacén producto terminado	3.10	Maniobra encendidos
		Fuerza
Almacén producto terminado	3.11	Puerta nave 2

Cuadro Auxiliar 4: Oficinas primera planta

CUADRO AUXILIAR 4	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Oficinas primera planta	4.1	Encendido 1
Oficinas primera planta	4.2	Emergencias 2
Oficinas primera planta	4.3	Encendido 2



Oficinas primera planta	4.4	Emergencias 2
Oficinas primera planta	4.5	Encendido 3
Oficinas primera planta	4.6	Emergencias 3
		Fuerza
Oficinas primera planta	4.7	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.8	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.9	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.10	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.11	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.12	Tomas de corriente
Oficinas primera planta	4.13	Tomas SAI
Oficinas primera planta	4.14	Tomas SAI
Oficinas primera planta	4.15	Tomas SAI

Cuadro Auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

CUADRO AUXILIAR 5	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Vestuarios y salas planta baja	5.1	Encendido 1
Vestuarios y salas planta baja	5.2	Emergencias 1
Vestuarios y salas planta baja	5.3	Encendido 2
Vestuarios y salas planta baja	5.4	Emergencias 2
Vestuarios y salas planta baja	5.5	Encendido 3
Vestuarios y salas planta baja	5.6	Emergencias 3
		Fuerza
Vestuarios y salas planta baja	5.7	Tomas de corriente
Vestuarios y salas planta baja	5.8	Tomas de corriente



Vestuarios y salas planta baja	5.9	Tomas de corriente
Vestuarios y salas planta baja	5.10	Tomas de corriente
Vestuarios y salas planta baja	5.11	Tomas de corriente
Vestuarios y salas planta baja	5.12	Tomas de corriente
Vestuarios y salas planta baja	5.13	Tomas SAI
Vestuarios y salas planta baja	5.14	Tomas SAI
Vestuarios y salas planta baja	5.15	Tomas SAI

Cuadro Auxiliar 6: Iluminación exterior + edificios exteriores

CUADRO AUXILIAR 6	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		Alumbrado
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.8	Encendido 1
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.9	Emergencias 1
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.10	Encendido 2
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.11	Emergencias 2
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.12	Encendido 3
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.13	Emergencias 3
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.14	Alumbrado exterior 1
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.15	Alumbrado exterior 2
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.16	Alumbrado exterior 3
Iluminación exterior + edificios exteriores	6.17	Maniobra encendidos
		FUERZA
Taller de producción	6.1	Cuadro T.C. 1
Taller de producción	6.2	Cuadro T.C. 2
Taller de producción	6.3	Cuadro T.C. 3
Almacén de materia prima	6.4	Cuadro T.C. 4
Almacén de materia prima	6.5	Cuadro T.C. 5
Almacén de producto terminado	6.6	Cuadro T.C. 6



Almacén de producto terminado	6.7	Cuadro T.C. 7
Edificios exteriores	6.18	Compresor
Edificios exteriores	6.19	Caldera

Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 1

CUADRO AUXILIAR 7	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		FUERZA
Taller de producción	7.1	Lavadora
Taller de producción	7.2	Laminadora 1
Taller de producción	7.3	Ensambladora 1
Taller de producción	7.4	Ensambladora 2
Taller de producción	7.5	Simuladora
Taller de producción	7.6	Corte sobrante
Taller de producción	7.7	Framing

Cuadro Auxiliar 8: Maquinaria 2

CUADRO AUXILIAR 8	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		FUERZA
Taller de producción	8.1	Laminadora 2
Taller de producción	8.2	Laminadora 3
Taller de producción	8.3	Paletizado
Taller de producción	8.4	Cell sorter
Taller de producción	8.5	Banda transportadora

3.2 Potencia de la instalación

Una vez que se tiene la distribución de los distintos receptores, se realiza el cálculo de la corriente eléctrica que circulará por cada cuadro. Mediante unos coeficientes se obtiene la dimensión aproximada del transformador que necesitamos, de las líneas, y de las protecciones.

Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$I_{\text{calculo}} = I \times Fc$$

Donde:



I = Corriente nominal de cada receptor.

F_c = Coeficiente (1,8 para los fluorescentes, según la ITC-REBT 44 y 1,25 para los motores según la ITC-REBT 47).

$$I_{total} = I_{calculo} \times C_u$$

Donde:

C_u = Coeficiente de utilización.

Cuadro Auxiliar 1: Taller de producción

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
1.1.	Encendido 1	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	R-N
1.2.	Emergencias 1	266	230	1	1,73	1,16	1,8	2,08	R-N
1.3.	Encendido 2	1600	230	0,9	1,73	7,73	1,8	13,91	S-N
1.4.	Encendido 3	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	T-N
1.5.	Emergencias 2	396	230	1	1,73	1,72	1,8	3,10	S-N
1.6.	Encendido 4	1600	230	0,9	1,73	7,73	1,8	13,91	R-N
1.7.	Encendido 5	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	S-N
1.8.	Encendido 6	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	T-N
1.9.	Maniobra encendidos	0	230	1	1,73	0,00	1,8	0,00	T-N

	TOTAL	21351,6				56,98		102,57	
	Factor de simultaneidad (1)	21351,6				56,98		102,57	

Cuadro Auxiliar 2: Almacén de materia prima

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
2.1.	Encendido 1	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	R-N
2.2.	Emergencias 1	106	230	1	1,73	0,46	1,8	0,83	S-N
2.3.	Encendido 2	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	T-N
2.4.	Emergencias 2	200	230	1	1,73	0,87	1,8	1,57	R-N
2.5.	Encendido 3	2000	230	0,9	1,73	9,66	1,8	17,39	S-N
2.6.	Emergencias 3	106	230	1	1,73	0,46	1,8	0,83	T-N
2.7.	Maniobra encendidos	0	230	1	1,73	0,00	1,8	0,00	T-N
2.8.	Puerta nave 1	750	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	R-S-T-N

	TOTAL	12479,1				31,98		56,90	
--	--------------	----------------	--	--	--	--------------	--	--------------	--



Factor de simultaneidad (1)	12479,1				31,98		56,90
-----------------------------	---------	--	--	--	-------	--	-------

Cuadro Auxiliar 3: Almacén de producto terminado

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
3.1.	Encendido 1	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	R-N
3.2.	Emergencias 1	284	230	1	1,73	1,23	1,8	2,22	S-N
3.3.	Encendido 2	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	T-N
3.4.	Encendido 3	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	S-N
3.5.	Emergencias 2	390	230	1	1,73	1,70	1,8	3,05	R-N
3.6.	Encendido 4	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	T-N
3.7.	Encendido 5	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	S-N
3.8.	Emergencias 3	390	230	1	1,73	1,70	1,8	3,05	T-N
3.9.	Encendido 6	2400	230	0,9	1,73	11,59	1,8	20,87	R-N
3.10.	Maniobra encendidos	0	230	1	1,73	0,00	1,8	0,00	T-N
3.11.	Puerta nave 2	750	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50	R-S-T-N

TOTAL	28772,7				75,39		135,05
Factor de simultaneidad (1)	28772,7				75,39		135,05

Cuadro Auxiliar 4: Oficinas primera planta

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
4.1.	Alumbrado 1	1944	230	0,9	1,73	9,39	1,8	16,90	R-N
4.2.	Emergencias 1	30	230	0,9	1,73	0,14	1,8	0,26	R-N
4.3.	Alumbrado 2	1944	230	0,9	1,73	9,39	1,8	16,90	S-N
4.4.	Emergencias 2	26	230	0,9	1,73	0,13	1,8	0,23	S-N
4.5.	Alumbrado 3	2040	230	0,9	1,73	9,86	1,8	17,74	T-N
4.6.	Emergencias 3	24	230	0,9	1,73	0,12	1,8	0,21	T-N
4.7.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	R-N
4.8.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	S-N
4.9.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	T-N
4.10.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	R-N
4.11.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	T-N
4.12.	Tomas de corriente	3450	230	0,8	1,73	18,75	1	18,75	SN
4.13.	Tomas SAI	1725	230	0,8	1,73	9,38	1	9,38	R-N
4.14.	Tomas SAI	1725	230	0,8	1,73	9,38	1	9,38	T-N
4.15.	Tomas SAI	1725	230	0,8	1,73	9,38	1	9,38	S-N

TOTAL	36689,4				169,65		192,87
Factor de simultaneidad (0,3)	11006,82				50,89		57,86



Cuadro Auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
5.1.	Alumbrado 1	1944	230	0,9	1,73	9,39	1,8	16,90	R-N
5.2.	Emergencias 1	30	230	0,9	1,73	0,14	1,8	0,26	R-N
5.3.	Alumbrado 2	1728	230	0,9	1,73	8,35	1,8	15,03	S-N
5.4.	Emergencias 2	36	230	0,9	1,73	0,17	1,8	0,31	S-N
5.5.	Alumbrado 3	1944	230	0,9	1,73	9,39	1,8	16,90	T-N
5.6.	Emergencias 3	38	230	0,9	1,73	0,18	1,8	0,33	T-N
5.7.	Tomas de corriente	8362,5	230	0,8	1,73	45,45	1	45,45	R-N
5.8.	Tomas de corriente	8362,5	230	0,8	1,73	45,45	1	45,45	S-N
5.9.	Tomas de corriente	8362,5	230	0,8	1,73	45,45	1	45,45	T-N
5.10.	Tomas de corriente	4312,5	230	0,8	1,73	23,44	1	23,44	R-N
5.11.	Tomas de corriente	4312,5	230	0,8	1,73	23,44	1	23,44	T-N
5.12.	Tomas de corriente	4312,5	230	0,8	1,73	23,44	1	23,44	SN
5.13.	Tomas SAI	862,5	230	0,8	1,73	4,69	1	4,69	R-N
5.14.	Tomas SAI	862,5	230	0,8	1,73	4,69	1	4,69	T-N
5.15.	Tomas SAI	862,5	230	0,8	1,73	4,69	1	4,69	S-N

	TOTAL	50908,5				248,35		270,46
	Factor de simultaneidad (0,2)	10181,7				74,51		81,14

Cuadro Auxiliar 6: Tomas de corriente + alumbrados exteriores

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
6.1.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.2.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.3.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.4.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.5.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.6.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.7.	Tomas de corriente	9600	400	0,85	1,73	16,30	1	16,30	R-S-T-N
6.8.	Alumbrado 1	1972	230	0,9	1,73	9,53	1,8	17,15	R-N
6.9.	Emergencia 1	22	230	1	1,73	0,10	1,8	0,17	R-N
6.10.	Alumbrado 2	2088	230	0,9	1,73	10,09	1,8	18,16	S-N
6.11.	Emergencia 2	22	230	1	1,73	0,10	1,8	0,17	T-N
6.12.	Alumbrado 3	1856	230	0,9	1,73	8,97	1,8	16,14	T-N
6.13.	Emergencia 3	16	230	1	1,73	0,07	1,8	0,13	S-N
6.14.	Alumbrado exterior 1	1750	230	0,9	1,73	8,45	1,8	15,22	R-S
6.15.	Alumbrado exterior 2	1900	230	0,9	1,73	9,18	1,8	16,52	S-N



6.16.	Alumbrado exterior 3	1900	230	0,9	1,73	9,18	1,8	16,52	T-N
6.17.	Maniobra encendidos	0	230	1	1,73	0,00	1,8	0,00	S-N
6.18.	Compresor	10000	400	0,85	1,73	16,98	1,25	21,23	R-S-T-N
6.19.	Caldera	15000	400	0,85	1,73	25,47	1,25	31,84	R-S-T-N

TOTAL	116696,8		212,22		263,11
Factor de simultaneidad (0,2)	23339,36		42,44		52,62

Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 1

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
7.1.	Lavadora	36500	400	0,8	1,73	65,85	1,25	82,32	R-S-T-N
7.2.	Laminadora 1	55200	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	R-S-T-N
7.3.	Ensambladora 1	10000	400	0,7	1,73	20,62	1,25	25,77	R-S-T-N
7.4.	Ensambladora 2	10000	400	0,7	1,73	20,62	1,25	25,77	R-S-T-N
7.5.	Simuladora	960	230	0,8	1,73	5,22	1,25	6,52	R-N
7.6.	Corte sobrante	200	230	0,8	1,73	1,09	1,25	1,36	S-N
7.7.	Framing	5200	230	0,8	1,73	28,26	1,25	35,33	T-N

TOTAL	131860				241,25		266,15
Factor de simultaneidad (0,7)	92302				168,88		186,30

Cuadro Auxiliar 8: Maquinaria 2

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
8.1.	Laminadora 2	55200	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	R-S-T-N
8.2.	Laminadora 3	55200	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	R-S-T-N
8.3.	Paletizado	16800	400	0,8	1,73	30,31	1,25	37,89	R-S-T-N
8.4.	Cell sorter	4800	400	0,8	1,73	8,66	1,25	10,83	R-S-T-N
8.5.	Banda transportadora	10000	400	0,8	1,73	18,04	1,25	22,55	R-S-T-N

TOTAL	155800				256,20		281,10
Factor de simultaneidad (0,7)	101270				179,34		182,71

**CGP:**

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	In (A)	Icalc (A)
1	Cuadro Auxiliar 1	21351,6	400	56,98	102,57
2	Cuadro Auxiliar 2	12479,1	400	31,98	56,90
3	Cuadro Auxiliar 3	28772,7	400	75,39	135,05
4	Cuadro Auxiliar 4	11006,82	400	50,89	57,86
5	Cuadro Auxiliar 5	10181,7	400	74,51	81,14
6	Cuadro Auxiliar 6	23339,36	400	42,44	52,62
7	Cuadro Auxiliar 7	92302	400	168,88	186,30
8	Cuadro Auxiliar 8	101270	400	179,34	182,71

TOTAL:	300703,28		680,42	855,16
---------------	------------------	--	---------------	---------------

3.3 Elección del transformador

Una vez finalizado este cálculo, se sumarán las potencias que afecta a cada cuadro y se multiplicarán por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro.

$$Potencia = P_{total} \times k_s$$

Donde:

k_s = Coeficiente de simultaneidad (en este caso 0,9).

Finalmente se aplicará un coeficiente para prevenir el crecimiento de demanda de potencia en un 30 %.

La potencia aparente será:

$$S_{calc} = \frac{Pot.}{\cos\phi} \times F_c$$

Donde:

$Pot.$ = Potencia activa (W).

S_{calc} = Potencia aparente (VA).

$\cos\phi$ = Factor de potencia compensado por la batería de condensadores (0,97)

F_c = Factor de crecimiento (1,25).



POTENCIA	Ks	POT.	$\cos \varphi$	Fc	Scalc
300703,28	0,9	270632,95	0,97	1,3	362703,95

El transformador escogido es un transformador ORMAZABAL de 400 KVA, aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 24KV. Este será de “llenado integral”. De esta forma la instalación de la nave queda abastecida.

3.4 Cálculo de secciones

Lo primero que se va a realizar es el cálculo de secciones de cada línea, y posteriormente se realizará el cálculo de las protecciones para dichas líneas. Para la realización del primer cálculo, se hará un ejemplo paso a paso y posteriormente se resumirán todas las líneas en tablas con todos los parámetros calculados.

Para calcular la sección de una línea, primero es necesario conocer la potencia que se conectará en su extremo.

Para el cálculo vamos a utilizar dos criterios:

1. Criterio de la caída de tensión

a. Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm²)

L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

c = Conductividad del cobre (S/m=56)

u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

V = Tensión nominal (V)



2. Criterio térmico

a. Para líneas trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia conectada (W)

V = Tensión nominal (V)

Una vez que se ha obtenido la intensidad que circulará por la línea, se debe ir a la ITC-REBT 07 si se trata de una instalación subterránea, o a la ITC-REBT 19 si se trata de alguna de las instalaciones que se especifican en esta ITC. Después se busca la sección del cable adecuada para que soporte la intensidad calculada.

En el caso de tratarse de una instalación subterránea, se debe de aplicar un coeficiente por llevar los cables bajo zanja y en contacto.

Después se calcula la acometida, es decir, la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una potencia de 300,7 kW, es decir para una corriente de 447,45 amperios.

La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 20 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea irá enterrada en zanja en el interior de tubo. Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0,8 por ir en el interior de tubo y un factor de corrección de 0,8 por haber 3 ternas de cables unipolares separados entre sí $d=0,25$ m. En total se aplicará un factor de corrección de $0,8 \times 0,8 = 0,64$.



Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V} = \frac{2 \times 20 \times 300703,28}{56 \times 6 \times 400} = 89,50 \text{ mm}^2$$

Se normaliza esta sección y se obtiene que se debe poner una sección de 95 mm².

Criterio térmico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{300703,28}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.97} = 447,45 \text{ A}$$

Como se trata de una línea subterránea que lleva 4 cables juntos, hay que mirar el coeficiente de corrección que se debe aplicar en la tabla correspondiente de la ITC-REBT 07 (0,64).

$$I_{calc} = \frac{I}{F_c} = \frac{447,45}{0,64} = 699,14 \text{ A}$$

Con esta intensidad hay que buscar en la tabla de la ITC-REBT 07 la sección necesaria para que cumpla este criterio (400 mm²).

En este caso, la sección obtenida por el criterio térmico es mayor que la obtenida por el criterio de caída de tensión, por lo que como mínimo la sección debe de ser esta.

Las protecciones hacen que debamos subir la sección por lo que se colocará la que nos especifiquen para cumplir los criterios.

Acometida: 3x400 mm² Cu / 1x185 mm² Cu

El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 300 mm (ITC-REBT 21).

El resto de los cálculos de las distintas líneas se refleja en las siguientes tablas. Los aislamientos de los conductores serán de PVC, y estos irán en bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Cuando se realicen las bajantes a los cuadros auxiliares, la bandeja ira con tapa a partir de los 3 metros de altura para no tener acceso directo a los cables de la bandeja. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros.

Las secciones están calculadas en mm² y la Cdt. y la tensión en V.

**Cuadro general de protecciones: CGP.**

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	50	25	25	Bandeja	3x50/25 + 25 TT
2	16	10	16	Bandeja	3x16/10 + 16 TT
3	70	35	35	Bandeja	3x70/35 + 35 TT
4	16	10	16	Bandeja	3x16/10 + 16 TT
5	35	16	16	Bandeja	3x35/16 + 16 TT
6	16	10	16	Bandeja	3x16/10 + 16 TT
7	150	70	70	Bandeja	3x150/70 + 70 TT
8	150	70	70	Bandeja	3x150/70 + 70 TT

Cuadro Auxiliar 1: Taller de producción.

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DIAM. TUBO (mm)	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
4	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
7	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
8	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
9	1,5	1,5	1,5	-	-	2x1,5 + 1,5 TT

Cuadro Auxiliar 2: Almacén de materia prima

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DIAM. TUBO (mm)	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
3	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
5	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x2,5 + 2,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
7	1,5	1,5	1,5	-	-	2x1,5 + 1,5 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	3x1,5 / 1,5 + 1,5 TT

**Cuadro Auxiliar 3: Almacén de producto terminado**

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DIAM. TUBO (mm)	DESIGNACIÓN
1	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4+ 4 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
3	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4 + 4 TT
4	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4+ 4 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
6	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4 + 4 TT
7	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4 + 4 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bajo tubo	16	2x1,5 + 1,5 TT
9	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4+ 4 TT
10	1,5	1,5	1,5	-	-	2x1,5 + 1,5 TT
11	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	3x1,5/1,5 + 1,5 TT

Cuadro Auxiliar 4: Oficinas primera planta

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
2	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
3	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
4	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
5	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
6	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
7	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
8	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
9	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
10	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
11	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
12	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 + 2,5 TT
13	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 + 1,5 TT



14	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 + 1,5 TT
15	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 + 1,5 TT

Cuadro Auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 +2,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
5	2,5	2,5	2,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x2,5 +2,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
7	10	10	10	Bandeja - bandeja falso techo	2x10 +10 TT
8	10	10	10	Bandeja - bandeja falso techo	2x10 +10 TT
9	10	10	10	Bandeja - bandeja falso techo	2x10 +10 TT
10	4	4	4	Bandeja - bandeja falso techo	2x4 +4 TT
11	4	4	4	Bandeja - bandeja falso techo	2x4 +4 TT
12	4	4	4	Bandeja - bandeja falso techo	2x4 +4 TT
13	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
14	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT
15	1,5	1,5	1,5	Bandeja - bandeja falso techo	2x1,5 +1,5 TT

Cuadro Auxiliar 6: Iluminación exterior + edificios exteriores

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DIAM. TUBO (mm)	DESIGNACIÓN
1	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
2	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT



3	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
4	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
5	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
6	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
7	10	10	10	Bandeja	-	3x10/10 + 10TT
8	2,5	2,5	2,5	Bandeja	-	2x2,5 + 2,5TT
9	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	2x1,5 + 1,5TT
10	2,5	2,5	2,5	Bandeja	-	2x2,5 + 2,5TT
11	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	2x1,5 + 1,5TT
12	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	2x1,5 + 1,5TT
13	1,5	1,5	1,5	Bandeja	-	2x1,5 + 1,5TT
14	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4 + 4TT
15	6	6	6	Bandeja - bajo tubo	16	2x6 + 6TT
16	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	2x4 + 4TT
17	1,5	1,5	1,5	-	-	2x1,5 + 1,5TT
18	4	4	4	Bandeja - bajo tubo	16	3x4/4 + 4TT
19	6	6	6	Bandeja - bajo tubo	20	3x6/6 + 6TT

Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 1

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	35	16	16	Bandeja	3x35/16 + 16 TT
2	50	25	25	Bandeja	3x50/25 + 25 TT
3	6	6	6	Bandeja	3x6/6 + 6 TT
4	6	6	6	Bandeja	3x6/6 + 6 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
7	6	6	6	Bandeja	2x6 + 6 TT

Cuadro Auxiliar 8: Maquinaria 2

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	50	25	25	Bandeja	3x50/25 + 25 TT
2	50	25	25	Bandeja	3x50/25 + 25 TT



3	10	10	10	Bandeja	$3 \times 10 / 10 + 10 \text{ TT}$
4	2,5	2,5	2,5	Bandeja	$3 \times 2,5 / 2,5 + 2,5 \text{ TT}$
5	6	6	6	Bandeja	$3 \times 6 / 6 + 6 \text{ TT}$

A continuación se añade una tabla donde se resumen todos los cálculos realizados para calcular las secciones de los conductores.

Las secciones que no coinciden entre la tabla resumen y las de las tablas anteriores, son las secciones que se han cambiado debido a las protecciones.



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

RECEPTOR	CUADRO	CIRCUITO	SEC. CALC (Ccdd)	P. RECEPTOR (W)	DIST. (m)	Cu	CDT. (V)	TENSIÓN (V)	$\cos\varphi$	RAÍZ DE 3	INTNESIDAD	Fc	I.CALC	S CDT	S. INTENSIDAD (Ct)
Acometida			89,50	300703,28	20	56	6	400	0,97	1,73	447,45	0,64	699,14	95	400
Cuadro Auxiliar 1			2,48	11862	61	56	26	400	0,9	1,73	19,02		102,57	95	35
Cuadro Auxiliar 2			4,21	7162	171	56	26	400	0,9	1,73	11,49		56,90	2,5	16
Cuadro Auxiliar 3			3,93	16214	70,5	56	26	400	0,9	1,73	26,00		135,05	6	70
Cuadro Auxiliar 4			5,97	9564,9	181,8	56	26	400	0,8	1,73	17,26		57,86	4	16
Cuadro Auxiliar 5			9,05	13899,75	189,5	56	26	400	0,8	1,73	25,08		81,14	6	25
Cuadro Auxiliar 6			1,20	20745,3	16,8	56	26	400	0,85	1,73	35,23		53,47	10	16
Cuadro Auxiliar 7			23,27	82642	82	56	26	400	0,7	1,73	170,40		211,10	1,5	120
Cuadro Auxiliar 8			16,31	92400	51,4	56	26	400	0,8	1,73	166,71		208,39	25	120
Encendido 1	C.A.1	1	0,87	2000	57,7	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	25	1,5
Emergencias 1	C.A.1	2	0,10	266	51,45	56	10,4	230	0,9	1,73	1,29	1,80	2,31	1,5	1,5
Encendido 2	C.A.1	3	0,76	1600	63,5	56	10,4	230	0,9	1,73	7,73	1,80	13,91	1,5	1,5
Encendido 3	C.A.1	4	0,98	2000	65,3	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	1,5	1,5
Emergencias 2	C.A.1	5	0,29	396	98,8	56	10,4	230	0,9	1,73	1,91	1,80	3,44	1,5	1,5



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

Encendido 4	C.A.1	6	0,85	1600	70,7	56	10,4	230	0,9	1,73	7,73	1,80	13,91	1,5	1,5
Encendido 5	C.A.1	7	0,65	2000	43	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	1,5	1,5
Encendido 6	C.A.1	8	1,17	2000	78,2	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	1,5	1,5
Maniobra encendido	C.A.1	9												1,5	
Encendido 1	C.A.2	1	0,20	2000	13,64	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39		1,5
Emergencias 1	C.A.2	2	0,05	106	67,6	56	10,4	230	0,9	1,73	0,51	1,80	0,92	1,5	1,5
Encendido 2	C.A.2	3	0,33	2000	22,1	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	1,5	1,5
Emergencias 2	C.A.2	4	0,11	200	73,9	56	10,4	230	0,9	1,73	0,97	1,80	1,74	1,5	1,5
Encendido 3	C.A.2	5	0,46	2000	30,5	56	10,4	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39	1,5	1,5
Emergencias 3	C.A.2	6	0,03	106	32,8	56	10,4	230	0,9	1,73	0,51	1,80	0,92	1,5	1,5
Maniobra encendido	C.A.2	7												1,5	
Puerta nave 1	C.A.2	8	0,09	750	33,5	56	26	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50		1,5
Encendido 1	C.A.3	1	1,47	2400	81,6	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	1,5	2,5
Emergencias 1	C.A.3	2	0,53	284	249,8	56	10,4	230	0,9	1,73	1,37	1,80	2,47	1,5	1,5
Encendido 2	C.A.3	3	2,51	2400	139,4	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	1,5	2,5



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

Encendido 3	C.A.3	4	1,13	2400	62,7	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	4	2,5
Emergencias 2	C.A.3	5	0,51	390	175,4	56	10,4	230	0,9	1,73	1,88	1,80	3,39	1,5	1,5
Encendido 4	C.A.3	6	1,16	2400	64,5	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	1,5	2,5
Encendido 5	C.A.3	7	2,26	2400	125,5	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	1,5	2,5
Emergencias 3	C.A.3	8	0,34	390	116,3	56	10,4	230	0,9	1,73	1,88	1,80	3,39	2,5	1,5
Encendido 6	C.A.3	9	1,55	2400	85,9	56	10,4	230	0,9	1,73	11,59	1,80	20,87	1,5	2,5
Maniobra encendido	C.A.3	10												2,5	
Puerta nave 2	C.A.3	11	0,20	750	79,5	56	26	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50		1,5
Alumbrado 1	C.A.4	1	0,47	1944	32,3	56	10,4	230	0,9	1,73	9,39	1,80	16,90	1,5	1,5
Emergencias 1	C.A.4	2	0,01	30	34,6	56	10,4	230	0,9	1,73	0,14	1,80	0,26	1,5	1,5
Alumbrado 2	C.A.4	3	0,33	1944	22,3	56	10,4	230	0,9	1,73	9,39	1,80	16,90	1,5	1,5
Emergencias 2	C.A.4	4	0,01	26	43,9	56	10,4	230	0,9	1,73	0,13	1,80	0,23	1,5	1,5
Alumbrado 3	C.A.4	5	0,62	2040	40,6	56	10,4	230	0,9	1,73	9,86	1,80	17,74	1,5	1,5
Emergencias 3	C.A.4	6	0,01	24	62,6	56	10,4	230	0,9	1,73	0,12	1,80	0,21	1,5	1,5
Tomas de corriente	C.A.4	7	0,58	3450	32,4	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

Tomas de corriente	C.A.4	8	0,55	3450	30,5	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5
Tomas de corriente	C.A.4	9	0,22	3450	12,3	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5
Tomas de corriente	C.A.4	10	0,25	3450	14,2	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5
Tomas de corriente	C.A.4	11	0,59	3450	32,7	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5
Tomas de corriente	C.A.4	12	0,55	3450	30,8	56	15	230	0,8	1,73	18,75	1,00	18,75	1,5	2,5
Tomas SAI	C.A.4	13	0,09	1725	9,7	56	15	230	0,8	1,73	9,38	1,00	9,38	1,5	1,5
Tomas SAI	C.A.4	14	0,13	1725	14,2	56	15	230	0,8	1,73	9,38	1,00	9,38	1,5	1,5
Tomas SAI	C.A.4	15	0,29	1725	32,7	56	15	230	0,8	1,73	9,38	1,00	9,38	1,5	1,5
Alumbrado 1	C.A.5	1	0,39	1944	26,47	56	10,4	230	0,9	1,73	9,39	1,80	16,90	1,5	1,5
Emergencias 1	C.A.5	2	0,02	30	66,7	56	10,4	230	0,9	1,73	0,14	1,80	0,26	1,5	1,5
Alumbrado 2	C.A.5	3	0,28	1728	21,75	56	10,4	230	0,9	1,73	8,35	1,80	15,03	1,5	1,5
Emergencias 2	C.A.5	4	0,02	36	62,45	56	10,4	230	0,9	1,73	0,17	1,80	0,31	1,5	1,5
Alumbrado 3	C.A.5	5	0,51	1944	35,3	56	10,4	230	0,9	1,73	9,39	1,80	16,90	1,5	1,5
Emergencias 3	C.A.5	6	0,03	38	88,54	56	10,4	230	0,9	1,73	0,18	1,80	0,33	1,5	1,5
Tomas de corriente	C.A.5	7	1,63	8362,5	37,5	56	15	230	0,8	1,73	45,45	1,00	45,45	1,5	10



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

Tomas de corriente	C.A.5	8	1,11	8362,5	25,6	56	15	230	0,8	1,73	45,45	1,00	45,45	2,5	10
Tomas de corriente	C.A.5	9	1,20	8362,5	27,6	56	15	230	0,8	1,73	45,45	1,00	45,45	1,5	10
Tomas de corriente	C.A.5	10	0,85	4312,5	37,8	56	15	230	0,8	1,73	23,44	1,00	23,44	1,5	4
Tomas de corriente	C.A.5	11	0,61	4312,5	27,2	56	15	230	0,8	1,73	23,44	1,00	23,44	1,5	4
Tomas de corriente	C.A.5	12	0,62	4312,5	27,9	56	15	230	0,8	1,73	23,44	1,00	23,44	1,5	4
Tomas SAI	C.A.5	13	0,14	862,5	31,8	56	15	230	0,8	1,73	4,69	1,00	4,69	1,5	1,5
Tomas SAI	C.A.5	14	0,15	862,5	32,6	56	15	230	0,8	1,73	4,69	1,00	4,69	1,5	1,5
Tomas SAI	C.A.5	15	0,14	862,5	30,5	56	15	230	0,8	1,73	4,69	1,00	4,69	1,5	1,5
Tomas de corriente 1	C.A.6	1	6,54	22212,45	85,8	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	1,5	10
Tomas de corriente 2	C.A.6	2	6,17	22212,45	80,9	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	10	10
Tomas de corriente 3	C.A.6	3	3,58	22212,45	46,9	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	10	10
Tomas de corriente 4	C.A.6	4	3,01	22212,45	39,5	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	4	10
Tomas de corriente 5	C.A.6	5	3,57	22212,45	46,8	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	3	10
Tomas de corriente 6	C.A.6	6	4,83	22212,45	63,3	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	3	10
Tomas de	C.A.6	7	6,01	22212,45	78,8	56	26	400	0,85	1,73	37,72	1,00	37,72	6	10



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

corriente 7															
Alumbrado 1	C.A.6	8	1,30	1972	87,58	56	10,4	230	0,9	1,73	9,53	1,80	17,15	10	1,5
Emergencias 1	C.A.6	9	0,01	22	78,79	56	10,4	230	0,9	1,73	0,11	1,80	0,19	1,5	1,5
Alumbrado 2	C.A.6	10	1,06	2088	67,9	56	10,4	230	0,9	1,73	10,09	1,80	18,16	1,5	2,5
Emergencias 2	C.A.6	11	0,01	22	42,99	56	10,4	230	0,9	1,73	0,11	1,80	0,19	2,5	1,5
Alumbrado 3	C.A.6	12	0,57	1856	41,2	56	10,4	230	0,9	1,73	8,97	1,80	16,14	1,5	1,5
Emergencias 3	C.A.6	13	0,01	16	93,89	56	10,4	230	0,9	1,73	0,08	1,80	0,14	1,5	1,5
Alumbrado exterior 1	C.A.6	14	1,72	1750	131,1	56	10,4	230	0,9	1,73	8,45	1,80	15,22	1,5	1,5
Alumbrado exterior 2	C.A.6	15	3,18	1900	222,95	56	10,4	230	0,9	1,73	9,18	1,80	16,52	2,5	1,5
Alumbrado exterior 3	C.A.6	16	2,40	1900	168,2	56	10,4	230	0,9	1,73	9,18	1,80	16,52	4	1,5
Maniobra encendido	C.A.6	17												2,5	
Compresor	C.A.6	18	0,83	10000	24,2	56	26	400	0,85	1,73	16,98	1,25	21,23		2,5
Caldera	C.A.6	19	1,07	15000	20,7	56	26	400	0,85	1,73	25,47	1,25	31,84	1,5	6
Lavadora	C.A.7	1	7,12	36500	56,8	56	26	400	0,8	1,73	65,85	1,25	82,32	1,5	25
Laminadora 1	C.A.7	2	8,19	55200	43,2	56	26	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	10	50



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

Ensambladora 1	C.A.7	3	1,18	10000	34,5	56	26	400	0,7	1,73	20,62	1,25	25,77	10	4
Ensambladora 2	C.A.7	4	1,58	10000	45,9	56	26	400	0,7	1,73	20,62	1,25	25,77	1,5	4
Simuladora	C.A.7	5	0,32	960	63,4	56	15	230	0,8	1,73	5,22	1,25	6,52	2,5	1,5
Corte sobrante	C.A.7	6	0,06	200	53,6	56	15	230	0,8	1,73	1,09	1,25	1,36	1,5	1,5
Framing	C.A.7	7	1,69	5200	62,6	56	15	230	0,8	1,73	28,26	1,25	35,33	1,5	6
Laminadora 2	C.A.8	1	9,17	55200	48,4	56	26	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	2,5	50
Laminadora 3	C.A.8	2	9,99	55200	52,7	56	26	400	0,8	1,73	99,59	1,25	124,49	10	50
Paletizado	C.A.8	3	3,68	16800	63,7	56	26	400	0,8	1,73	30,31	1,25	37,89	10	10
Cell sorter	C.A.8	4	0,95	4800	57,6	56	26	400	0,8	1,73	8,66	1,25	10,83	4	1,5
Banda transportadora	C.A.8	5	2,01	10000	58,6	56	26	400	0,8	1,73	18,04	1,25	22,55	1,5	4



3.5 Cálculo de las protecciones magnetotérmicas

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0,1 segundos).
- La ITC-REBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

La primera protección que se calculará será el I.C.P., que se coloca a la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la empresa frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones hay que calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la apartamentna...

Así pues, se calculan los datos necesarios para todas las protecciones.

Lo primero que se hará es poner las fórmulas que se usarán para el cálculo, comunes para todos los circuitos. La apartamentna habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

$$\begin{aligned}
 Z_{M.T.}(j) &= \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} \\
 Z_{B.T.}(j) &= Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} \\
 Z_{Trafo}(j) &= U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} \\
 Z_{Apartamentna1}(j) &= n^0 \times 0.00015 \\
 Z_{DI} &= \phi \times \frac{L}{s} \quad |Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} \\
 I_{cc \max} &= \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \quad I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} \\
 |Z_o| &= \sqrt{(3 \times Z'_{Líneas})^2 + (Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Apartamentna}(j))^2} \\
 t_{mcicc} &= \frac{\Delta T_{cc} \times s^2 \times Cc}{I_{ccf}^2}
 \end{aligned}$$

Definición de las abreviaturas:

$Z_{M.T.}(j)$ = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T.}(j)$ = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{Trafo}(j)$ = Impedancia del transformador.



$Z_{Aparametna1}(j)$ = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

Z_{DI} = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$ = Impedancia directa.

$|Z_o|$ = Impedancia homopolar.

$u_{M.T.}$ = Tensión en Media Tensión (13200 V).

S_{cc} = Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$u_{B.T.}$ = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

U_{cc} (%) = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	U_{cc}
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4.5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

S_n = Potencia del transformador (400000 VA).

n^o = Número de aparatos o protecciones.

ϕ = Resistividad del cobre (0.018).

L = Longitud de la línea.

s = Sección de la línea.

$I_{cc\ max}$ = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas.

Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{ 2 \times Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$ = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

c = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

t_{mcicc} = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.



C_c = Coeficiente del conductor. Ser rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	135	135
Al	57	57

$$I_{ccf} = I_{cc \min}$$

ΔT_{cc} = Variación de la temperatura máxima que aguanta el aislamiento de funcionamiento nominal a cortocircuito.

	ΔT
PVC	90
XLPE	160

3.5.1 Ejemplo de cálculo: Magnetotérmico de C.G.P. para el cuadro auxiliar 1

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que hay que calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{400000000} = 0,4356j\Omega$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0,4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0,0004j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{400000} = 0,016j\Omega$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^2 \times 0,00015 = 2 \times 0,00015 = 0,0003j\Omega$$

$$Z_{Acometida} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{20}{400} = 0,0009\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0,0009)^2 + (0,0004 + 0,016 + 0,0003)^2} = 0,01672$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,01672} = 13808,71 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

Para calcular el calibre:

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 102,57 < I_n < 133$$



Se escoge un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 125 A, que es la intensidad normalizada, y para ello ha habido que subir la sección que se iba a poner al conductor que iba hasta el cuadro C.S.1.

A continuación se calcula la curva de la protección:

$$Z_{\text{Línea C.S.1.}} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{61}{50} = 0,0219 \Omega$$

Para este cálculo, se deben hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$Z'_{\text{Línea C.S.1.}}(250^\circ) = Z_{\text{Línea C.S.1.}} \times (1 + \alpha \times \Delta T)$$

$$= 0,0219 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,0422 \Omega$$

$$Z'_{\text{Acometida}}(250^\circ) = Z_{\text{Acometida}} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,0009 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,00173 \Omega$$

Se coge toda la aparamenta de la línea:

$$Z_{\text{Aparamenta}}(j) = n^\circ \times 0,00015 = 3 \times 0,00015 = 0,00045 j \Omega$$

$$Z_d = Z'_{\text{Líneas}} + Z(j) = 0,0422 + 0,00173 + (0,0004 + 0,016 + 0,00045)j = 0,0439 + (0,01685)j$$

$$Z_o = 3 \times Z'_{\text{Líneas}} + Z_{\text{Trafo}}(j) + 3 \times Z_{\text{Aparametna}}(j) = 3 \times 0,0439 + (0,016 + 3 \times 0,00045)j = 0,132 + 0,01735j$$

$$|2 \times Z_d + Z_o| = \sqrt{(0,0878 + 0,132)^2 + ((0,0337 + 0,01735)j)^2} = 0,226 \Omega$$

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0,95 \times 400 \times \sqrt{3}}{0,226} = 2916,81 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 625 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 1250 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 2500 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva elegida para el magnetotérmico será la C.

Se comprueba ahora que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times s^2 \times \Delta T_{cc}}{I_{ccf}^2} = \frac{135 \times 50^2 \times 90}{2916,81^2} = 3,57 \text{ s} > 0,1 \text{ s} \rightarrow \text{Válido}$$

3.5.2 Cálculo de los interruptores magnetotérmicos

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los interruptores magnetotérmicos.



Cuadro general de protecciones: CGP.

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
ICP	CGP	14060,56	22	630	C
1	Cuadro Auxiliar 1	13933,5	22	125	C
2	Cuadro Auxiliar 2	13933,5	22	63	B
3	Cuadro Auxiliar 3	13933,5	22	160	C
4	Cuadro Auxiliar 4	13933,5	22	63	B
5	Cuadro Auxiliar 5	13933,5	22	100	B
6	Cuadro Auxiliar 6	13933,5	22	63	C
7	Cuadro Auxiliar 7	13933,5	22	250	C
8	Cuadro Auxiliar 8	13933,5	22	250	C

Cuadro Auxiliar 1: Taller de producción.

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.1	8131,99	10	125	C
1.1	Encendido 1	8081,05	10	20	B
1.2	Emergencias 1	8081,05	10	6	C
1.3	Encendido 2	8081,05	10	16	B
1.4	Encendido 3	8081,05	10	20	B
1.5	Emergencias 2	8081,05	10	6	B
1.6	Encendido 4	8081,05	10	16	B
1.7	Encendido 5	8081,05	10	20	C
1.8	Encendido 6	8081,05	10	20	B
1.9	Maniobra encendido	4646,6	10	6	D y MA

Cuadro Auxiliar 2: Almacén de materia prima

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.2	1190,36	4,5	63	B
2.1	Encendido 1	1190,2	4,5	20	C
2.2	Emergencias 1	1190,2	4,5	6	C
2.3	Encendido 2	1190,2	4,5	20	C
2.4	Emergencias 2	1190,2	4,5	6	C
2.5	Encendido 3	1190,2	4,5	20	C
2.6	Emergencias 3	1190,2	4,5	6	C
2.7	Maniobra encendido	1190,2	4,5	6	D y MA
2.8	Puerta nave 1	1190,2	4,5	6	D y MA

**Cuadro Auxiliar 3: Almacén de producto terminado**

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.3	9086,15	16	160	B
3.1	Encendido 1	9015,26	10	30	B
3.2	Emergencias 1	9015,26	10	6	B
3.3	Encendido 2	9015,26	10	32	B
3.4	Encendido 3	9015,26	10	32	B
3.5	Emergencias 2	9015,26	10	6	B
3.6	Encendido 4	9015,26	10	32	B
3.7	Encendido 5	9015,26	10	32	B
3.8	Emergencias 3	9015,26	10	6	B
3.9	Encendido 6	9015,26	10	32	B
3.10	Maniobra encendido	9015,26	10	6	B
3.11	Puerta nave 2	9015,26	10	6	D Y MA

Cuadro Auxiliar 4: Oficinas primera planta

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.4	1120,44	4,5	63	C
4.1	Alumbrado 1	1120,31	4,5	20	C
4.2	Emergencias 1	1120,31	4,5	6	C
4.3	Alumbrado 2	1120,31	4,5	20	C
4.4	Emergencias 2	1120,31	4,5	6	C
4.5	Alumbrado 3	1120,31	4,5	20	C
4.6	Emergencias 3	1120,31	4,5	6	C
4.7	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.8	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.9	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.10	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.11	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.12	Tomas de corriente	1120,31	4,5	20	C
4.13	Tomas SAI	1120,31	4,5	16	C
4.14	Tomas SAI	1120,31	4,5	16	C
4.15	Tomas SAI	1120,31	4,5	16	C

Cuadro Auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.5	2314,26	16	100	C
5.1	Alumbrado 1	2313,08	4,5	20	B



5.2	Emergencias 1	2313,08	4,5	6	C
5.3	Alumbrado 2	2313,08	4,5	16	B
5.4	Emergencias 2	2313,08	4,5	6	C
5.5	Alumbrado 3	2313,08	4,5	20	B
5.6	Emergencias 3	2313,08	4,5	6	C
5.7	Tomas de corriente	2313,08	4,5	50	C
5.8	Tomas de corriente	2313,08	4,5	50	C
5.9	Tomas de corriente	2313,08	4,5	50	C
5.10	Tomas de corriente	2313,08	4,5	32	C
5.11	Tomas de corriente	2313,08	4,5	32	C
5.12	Tomas de corriente	2313,08	4,5	32	C
5.13	Tomas SAI	2313,08	4,5	6	B
5.14	Tomas SAI	2313,08	4,5	6	B
5.15	Tomas SAI	2313,08	4,5	6	C

Cuadro Auxiliar 6: Iluminación exterior + edificios exteriores

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.6	8883,56	10	63	C
6.1	Tomas de corriente 1	8816,29	10	20	B
6.2	Tomas de corriente 2	8816,29	10	20	B
6.3	Tomas de corriente 3	8816,29	10	20	C
6.4	Tomas de corriente 4	8816,29	10	20	C
6.5	Tomas de corriente 5	8816,29	10	20	C
6.6	Tomas de corriente 6	8816,29	10	20	C
6.7	Tomas de corriente 7	8816,29	10	20	B
6.8	Alumbrado 1	8816,29	10	20	B
6.9	Emergencias 1	8816,29	10	6	C
6.10	Alumbrado 2	8816,29	10	20	B
6.11	Emergencias 2	8816,29	10	6	C
6.12	Alumbrado 3	8816,29	10	20	B
6.13	Emergencias 3	8816,29	10	6	C
6.14	Alumbrado exterior 1	8816,29	10	20	B
6.15	Alumbrado exterior 2	8816,29	10	20	B
6.16	Alumbrado exterior 3	8816,29	10	20	B
6.17	Maniobra encendido	8816,29	10	6	D y MA
6.18	Compresor	8816,29	10	32	D y MA
6.19	Caldera	8816,29	10	40	D y MA



Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 1

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.7	11557,56	15	250	C
7.1	Lavadora	11412,7	15	100	D y MA
7.2	Laminadora 1	11412,7	15	125	D y MA
7.3	Ensambladora 1	11412,7	15	32	C
7.4	Ensambladora 2	11412,7	15	32	C
7.5	Simuladora	11412,7	15	10	B
7.6	Corte sobrante	11412,7	15	10	B
7.7	Framing	11412,7	15	40	B

Cuadro Auxiliar 8: Maquinaria 2

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.8	12638,77	15	250	C
8.1	Laminadora 2	12452,02	15	125	D y MA
8.2	Laminadora 3	12452,02	15	125	D y MA
8.3	Paletizado	12452,02	15	40	C
8.4	Cell sorter	12452,02	15	16	C
8.5	Banda transportadora	12452,02	15	32	C

Cuadros Tomas de Corriente nave: (7 unidades)

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.8	976,81	6	63	C
6.1.1	Toma trifásica	976,72	6	40	C
6.1.2	Toma monofasica	976,72	6	20	C
6.1.3	Toma monofasica	976,72	6	20	C

3.6 Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia

3.6.1 Batería de condensadores para la instalación

Se calcula la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el $\cos \phi$ medio:

**Cuadro Auxiliar 1: Taller de producción.**

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
1.1.	Encendido 1	2000	0,9	2222,22
1.2.	Emergencias 1	266	1	266,00
1.3.	Encendido 2	1600	0,9	1777,78
1.4.	Encendido 3	2000	0,9	2222,22
1.5.	Emergencias 2	396	1	396,00
1.6.	Encendido 4	1600	0,9	1777,78
1.7.	Encendido 5	2000	0,9	2222,22
1.8.	Encendido 6	2000	0,9	2222,22
1.9.	Maniobra encendidos	0	1	0,00
TOTAL		11862		13106,44

Cuadro Auxiliar 2: Almacén de materia prima

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
2.1.	Encendido 1	2000	0,9	2222,22
2.2.	Emergencias 1	106	1	106,00
2.3.	Encendido 2	2000	0,9	2222,22
2.4.	Emergencias 2	200	1	200,00
2.5.	Encendido 3	2000	0,9	2222,22
2.6.	Emergencias 3	106	1	106,00
2.7.	Maniobra encendidos	0	1	0,00
2.8.	Puerta nave 1	750	0,9	833,33
TOTAL		7162		7912,00

Cuadro Auxiliar 3: Almacén de producto terminado

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
3.1.	Encendido 1	2400	0,9	2666,67
3.2.	Emergencias 1	284	1	284,00
3.3.	Encendido 2	2400	0,9	2666,67
3.4.	Encendido 3	2400	0,9	2666,67
3.5.	Emergencias 2	390	1	390,00
3.6.	Encendido 4	2400	0,9	2666,67
3.7.	Encendido 5	2400	0,9	2666,67
3.8.	Emergencias 3	390	1	390,00
3.9.	Encendido 6	2400	0,9	2666,67
3.10.	Maniobra encendidos	0	1	0,00



3.11.	Puerta nave 2	750	0,9	833,33
TOTAL		16214		17897,33

Cuadro Auxiliar 4: Oficinas primera planta

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
4.1.	Alumbrado 1	1944	0,9	2160,00
4.2.	Emergencias 1	30	0,9	33,33
4.3.	Alumbrado 2	1944	0,9	2160,00
4.4.	Emergencias 2	26	0,9	28,89
4.5.	Alumbrado 3	2040	0,9	2266,67
4.6.	Emergencias 3	24	0,9	26,67
4.7.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.8.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.9.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.10.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.11.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.12.	Tomas de corriente	3450	0,8	4312,50
4.13.	Tomas SAI	1725	0,8	2156,25
4.14.	Tomas SAI	1725	0,8	2156,25
4.15.	Tomas SAI	1725	0,8	2156,25
TOTAL		31883		39019,31

Cuadro Auxiliar 5: Vestuarios y salas planta baja

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
5.1.	Alumbrado 1	1944	0,9	2160,00
5.2.	Emergencias 1	30	0,9	33,33
5.3.	Alumbrado 2	1728	0,9	1920,00
5.4.	Emergencias 2	36	0,9	40,00
5.5.	Alumbrado 3	1944	0,9	2160,00
5.6.	Emergencias 3	38	0,9	42,22
5.7.	Tomas de corriente	8362,5	0,8	10453,13
5.8.	Tomas de corriente	8362,5	0,8	10453,13
5.9.	Tomas de corriente	8362,5	0,8	10453,13
5.10.	Tomas de corriente	4312,5	0,8	5390,63
5.11.	Tomas de corriente	4312,5	0,8	5390,63
5.12.	Tomas de corriente	4312,5	0,8	5390,63
5.13.	Tomas SAI	862,5	0,8	1078,13
5.14.	Tomas SAI	862,5	0,8	1078,13



5.15.	Tomas SAI	862,5	0,8	1078,13
TOTAL		46332,5		57121,18

Cuadro Auxiliar 6: Iluminación exterior + edificios exteriores

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
6.1.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.2.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.3.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.4.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.5.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.6.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.7.	Tomas de corriente	9600	0,85	11294,12
6.8.	Alumbrado 1	1972	0,9	2191,11
6.9.	Emergencia 1	22	1	22,00
6.10.	Alumbrado 2	2088	0,9	2320,00
6.11.	Emergencia 2	22	1	22,00
6.12.	Alumbrado 3	1856	0,9	2062,22
6.13.	Emergencia 3	16	1	16,00
6.14.	Alumbrado exterior 1	1750	0,9	1944,44
6.15.	Alumbrado exterior 2	1900	0,9	2111,11
6.16.	Alumbrado exterior 3	1900	0,9	2111,11
6.17.	Maniobra encendidos	0	1	0,00
6.18.	Compresor	10000	0,85	11764,71
6.19.	Caldera	15000	0,85	17647,06
TOTAL		103726		121270,59

Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 1

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
7.1.	Lavadora	36500	0,8	45625,00
7.2.	Laminadora 1	55200	0,8	69000,00
7.3.	Ensambladora 1	10000	0,7	14285,71
7.4.	Ensambladora 2	10000	0,7	14285,71
7.5.	Simuladora	960	0,8	1200,00
7.6.	Corte sobrante	200	0,8	250,00
7.7.	Framing	5200	0,8	6500,00
TOTAL		118060		151146,43



Cuadro Auxiliar 8: Maquinaria 2

Circuito	Receptor	Potencia (W)	Cos φ	Potencia (VA)
8.1.	Laminadora 2	55200	0,8	69000,00
8.2.	Laminadora 3	55200	0,8	69000,00
8.3.	Paletizado	16800	0,8	21000,00
8.4.	Cell sorter	4800	0,8	6000,00
8.5.	Banda transportadora	10000	0,8	12500,00
TOTAL		142000		177500,00

Total:

Potencia (W) total	477239,5
Potencia(VA) total	584973,28

Se calcula ahora el cos φ medio:

$$\text{Cos } \varphi \text{ medio} = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{477239,5}{584973,28} = 0,816 \longrightarrow \varphi = 35,31^\circ$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P * \text{tg } \varphi = 338029,46 \text{ VAr.}$$

Se quiere conseguir un cos φ cercano a 1, con cos $\varphi' = 0.97$:

$$Q' = P * \text{tg } \varphi' = 119607,49 \text{ VAr.}$$

Por lo que la potencia a compensar será:

$$Q_b = Q - Q' = 218421,97 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 218421,97 VAr.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 225 kVAr M22540 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

3.6.2 Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:



$$Q = 3 \cdot V \cdot I_n \cdot \sin\phi$$

Siendo:

$\sin = 1$, el de la batería de condensadores

$V = 400 \text{ V}$

$Q = \text{potencia de la batería de condensadores (225 kVA)}$.

Se obtiene que $I_n = 324,75 \text{ A}$

Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2xLxIx\cos\phi}{CxU} = \frac{2x20x324,75x0,97}{56x400} = 0,56\text{mm}^2$$

Se normaliza la sección y se obtiene una sección de $1,5 \text{ mm}^2$.

Criterio térmico

$$I_{\text{calc}} = 324,75 \text{ A} \longrightarrow \text{Sección} = 150 \text{ mm}^2$$

La sección de los conductores de unión de la batería de condensadores será de 150 mm^2 con aislamiento de 0,6/ 1 kV de XLPE.

3.6.3 Cálculo de la protección de la batería de condensadores

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 324,75 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.P.

$$I_{\text{cc}} = 14060,56 \text{ A}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 22 kA y calibre 400 A.

3.7 Instalación de puesta a tierra

3.7.1 Resistencia del electrodo

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:



Datos de partida:

- Resistividad del terreno:

Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, $\rho = 500 \Omega \times m$ (Terreno cultivable poco fértil).

- Tensión máxima de contacto 50 V.

- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300 mA.

- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser $\leq 166.67\Omega$.

3.7.2 Características del electrodo

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la empresa, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm² de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Se calculará el valor de la resistencia de tierra en el caso del defecto a tierra más desfavorable, es decir, cuando la corriente de defecto sea mayor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, se ha de buscar la máquina con menor resistencia a tierra, que es la máquina con mayor corriente de defecto.

Se calculará a continuación la resistencia de la puesta a tierra. Para ello se utilizarán las siguientes expresiones.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = n \times R_p$$

R_p = Resistencia de una pica.

R_{pt} = Resistencia de las picas usadas.

n = Número de picas.

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \times m$).

L_1 = Longitud de pica (m).

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500}{2} = 250 \Omega$$

$$R_{pt} = n \times R_p = 4 \times 250 = 1000 \Omega$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 500}{453,91} = 2,21 \Omega$$



La resistencia total de tierra se calculará mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{Ra} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{2,21} = 2,2 \Omega$$

$$Ra = 2,2 \Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra hay que comprobar si se cumple el reglamento:

$$U_c = Ra \times Ia = 2,2 \times 0,03 = 0,066V < 50V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$

3.8 Cálculo del centro de transformación

3.8.1 Datos del transformador

	Datos del Transformador
Potencia del transformador (KVA)	400
Pérdidas en el hierro (W)	750
Pérdidas en el cobre (W)	4600
Pérdidas del transformador (W)	5350
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	4
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	400
Dieléctrico (Aceite) (L)	330

3.8.2 Intensidad de alta tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (400 KVA)

U = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

I_p = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, se obtiene I_p :

$$I_p = 17,49 \text{ A}$$



3.8.3 Intensidad en baja tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (400 KVA)

P_{Cu} = Pérdidas en el cobre del transformador.

P_{Fe} = Pérdidas en el hierro del transformador.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios. (0,4 KV)

I_s = Intensidad secundaria en amperios.

Despreciando las pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$$I_s = 569,37 \text{ A}$$

3.8.4 Cortocircuitos

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 400 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

3.8.4.1 Corriente de cortocircuito del lado de alta tensión

La corriente de cortocircuito en el primario como se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p}$$

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito de la red (A).

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red (400 MVA).

U_p = Tensión primaria (13200 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene I_{ccp} :

$$I_{ccp} = 17495,46 \text{ A}$$

3.8.4.2 Corriente de cortocircuito del lado de baja tensión

La corriente de cortocircuito en el secundario como se puede calcular utilizando la siguiente expresión:



$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s}$$

S = Potencia del transformador (0,4 MVA).

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria (KA).

U_{cc} = Tensión de cortocircuito en carga (4).

U_s = Tensión secundaria en carga (0,4 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene I_{ccs} :

$$I_{ccp} = 14433,75 \text{ A}$$

3.8.5 Dimensionamiento del embarrado

3.8.5.1 Celdas

La gama SM6 está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento.

Las unidades SM6 son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 36 kV.

Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

Características SM6 24	Datos (m)	Características del embarrado	Datos
Altura	1,6	Intensidad asignada (A)	630
Anchura	0,375-0,750	Límite térmico 1s (KA)	20
Profundidad	0,94	Límite electrodinámico (KA)	31,25

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

3.8.5.2 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente.



Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.

3.8.5.3 Comprobación por solicitud electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \geq \frac{(I_{ccp}^2 \times L^2)}{60 \times d \times W}$$

S_{max} = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.

Para cobre semiduro 2800Kg/cm²

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

3.8.5.4 Comprobación por solicitud térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \times S \times \sqrt{\frac{DT}{t}}$$

I_{th} = Intensidad eficaz (A)

a = 13 para el cobre.

S = Sección del embarrado (mm²)

DT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para el cobre

t = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} = 20 \text{ kA durante 1s.}$$

3.8.6 Protecciones de Alta y Baja Tensión.



3.8.6.1 Alta tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

3.8.6.2 Baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 2843.

La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1 KV 400 mm² unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente será de 705 A.

3.8.7 Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas. Primero se calcula el caudal de aire necesario:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T}$$

W_{cu} = Pérdidas en cortocircuito del transformado (4,6 KW).

W_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador (0,93 KW).

Δt = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

Se calcula ahora la superficie de la rejilla. Para ello se debe calcular la velocidad del aire:

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

H = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1,9 m).

Δt = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

v_s = Velocidad del aire (m/s).



$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s}$$

$S_{eficaz\ rejilla}$ = Superficie mínima de la rejilla de ventilación (m^2).

v_s = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{rejilla} = 1,4 \times S_{eficaz\ rejilla}$$

$S_{rejilla}$ = Superficie de la rejilla

1,4 = Coeficiente de aumento de la rejilla del 40% debido a que es el espacio que ocupan las lamas.

Sustituyendo los distintos valores en la fórmula, se obtiene la superficie de la rejilla:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T} = \frac{4,6 + 0,93}{1,16 \times 15} = 0,3178 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4,6 \times \frac{\sqrt{1,9}}{15} = 0,42271 \text{ m/s}$$

$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0,3178}{0,42271} = 0,75182 \text{ m}^2$$

$$S_{rejilla} = 1,4 \times S_{eficaz\ rejilla} = 1,4 \times 0,75182 = 1,0525 \text{ m}^2$$

Así pues, se colocarán en las paredes del Centro de Transformación en un lado una rejilla de $1,95 \text{ m}^2$ y en el otro lado dos rejillas con superficie de $2,30 \text{ m}^2$.

3.8.8 Dimensión del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 350 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

3.8.9 Cálculo de la puesta a tierra

3.8.9.1 Terreno



El terreno en el que se prevé construir la nave se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de $500 \Omega \times m$. Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.

3.8.9.2 Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 KV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- Tipo de neutro
Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.
- Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana
Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.

Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.

El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de $38,49 \Omega$.

Con estos datos y la normativa MIE-RAT 13 se obtienen los datos de “K y n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

$$K = 78,5 \quad y \quad n = 0,18$$

Así pues, la intensidad máxima de defecto se puede calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$Id_{m\acute{a}x} = \frac{U_{p \, m\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n}$$

$Id_{m\acute{a}x}$ = Intensidad de defecto máxima (A).

$U_{p \, m\acute{a}x}$ = Tensión del primario máxima (V).

Z_n = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro (Ω).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de Media Tensión pase de 13,2 kV a 20 kV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que se debe dimensionarla para la situación más desfavorable. Por lo tanto, los cálculos se deberán realizar para una tensión de 20 kV.



$$Id_{m\acute{a}x} = \frac{U_{p\ m\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38,49} = 300\ A$$

3.8.9.3 Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del Centro de Transformación objeto de cálculo.

3.8.9.3.1 Tierra de protección

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcassas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación,...

- Código 70-60/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica:
 - Con los 2 primeros números (70), el largo de la tierra de protección en dm.
 - Con los 2 siguientes números (60), el ancho de la tierra de protección en dm.
 - Con el número entre barras (5), la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección en dm.
 - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
 - Con el último número (6), se indica la longitud de las picas en metros.

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,0113 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente



será de 4 y 5 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

3.8.9.3.2 Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación.

- Código 5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA.
 - Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio en dm.
 - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
 - Con el último número (4), se indica la longitud de las picas en metros.

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,0572 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,00919 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.



La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de 50 mm² aislado de 0,6/1KV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V (=37 x 300).

Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

3.8.9.4 Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

3.8.9.4.1 Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$R_t = Kr \times \rho$$

$$I_d = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$U_d = I_d \times R_t$$

R_t = Resistencia de puesta a tierra (Ω)

$$Kr = 0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho = 500 (\Omega \times m)$$

I_d = Intensidad de defecto (A)

$U_{p \text{ máx}}$ = Tensión del primario máxima (V).

R_n y X_n = Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro:

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{38,49^2 + 0^2} = 38,49\Omega$$

U_d = Tensión de defecto (V)

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0,056 \times 500 = 28\Omega$$



$$Id = \frac{U_{p\text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38,49 + 28)^2 + 0^2}} = 242,6 \text{ A}$$

$$Ud = Id \times R_t = 242,6 \times 28 = 6792,77 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo 10000V.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Se comprueba además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Resumiendo:

- Configuración: 70-60/5/46
- Geometría: Anillo
- Dimensiones: 5x4 metros
- Profundidad del electrodo: 0,5 metros
- Número de picas: 4
- Resistencia $Kr=0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso $Kp=0,0113 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto $Kc=0,0215 \left(\frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

3.8.9.4.2 Tierra de servicio

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

$$R_t = Kr \times \rho$$

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0,0572 \times 500 = 28,6\Omega < 37\Omega$$

Resumiendo:

- Configuración: 5/44
- Geometría: picas en hilera



- Profundidad del electrodo: 0,5 metros.
- Número de picas: 4
- Longitud de las picas: 4 metros
- Distancia entre picas: 6 metros
- Resistencia $K_r = 0,0572 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso $K_p = 0,00919 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$

3.8.9.5 Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de 100000Ω .

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_{p\ ext} = K_p \times \rho \times Id = 0,0113 \times 500 \times 242,6 = 1370,69\ V$$

3.8.9.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el suelo del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a $0,30 \times 0,30$ m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$U_{p\ acceso} = K_c \times Id \times \rho = 0,0215 \times 242,6 \times 500 = 2607,95\ V$$



3.8.9.6 Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT 13 es:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78,5$

$t = 1s$. Duración de la falta en segundos

$n = 0,18$

Cálculo:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78,5}{1^{0,18}} = 78,5 V$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$U_{p\ exterior} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right)$$

$$U_{p\ exterior} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

U_p = Tensión de paso (V).

$K = 78,5$

$n = 0,18$

$t = 1$ Duración de la falta (segundos).

$\rho = 500$ Resistividad del terreno (Ωxm).

$\rho_H = 3000$ Resistividad del hormigón (Ωxm).

Calcundo:

$$U_{p\ exterior} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right) = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{6 \times 500}{1000}\right) = 3140 V$$

$$\begin{aligned} U_{p\ acceso} &= 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right) \\ &= 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{3 \times 500 + 3 \times 3000}{1000}\right) = 6672,5 V \end{aligned}$$

Se comprueba que los valores calculados son inferiores a los admisibles por reglamento:

$$U_{p\ ext} = 1370,69 V < U_{p\ exterior} (MIE - RAT) = 3140 V$$



$$U_{p \text{ acceso}} = 2607,95 < U_{p \text{ acceso}} (MIE - RAT) = 6672,5 \text{ V}$$

3.8.9.7 Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{\min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho \times Id}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 242,6}{2000 \times \pi} = 19,31 \text{ m}$$

3.8.9.8 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán éstas mediante la disposición de una capa aislante en la tierra del centro, con una alfombra aislante en el suelo del Centro o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Pamplona, Julio 2011

Xabier Madoz Belaunzaran.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

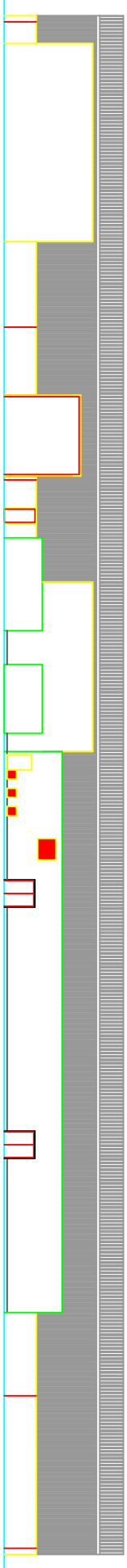
Pamplona, 18 de Julio 2011

INDICE

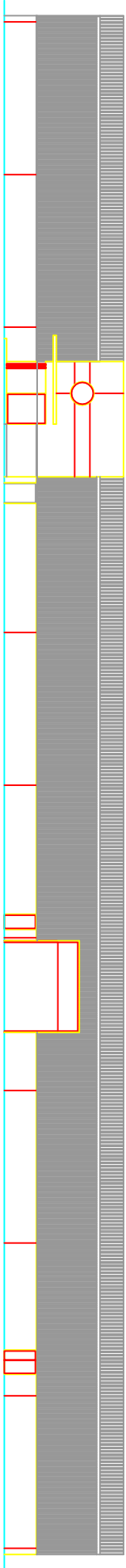
PLANOS

PÁGINA.

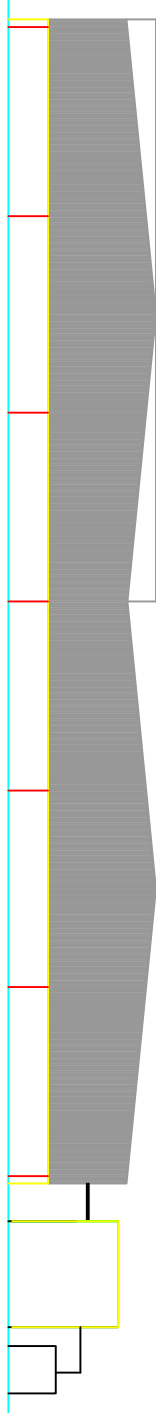
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	2
2. ALZADOS	3
3. DISTRIBUCIÓN DE LAS SUPERFICIES	4
4. DISTRIBUCIÓN MAQUINARIA	5
5. DISTRIBUCIÓN CUADROS ELÉCTRICOS EN PLANTA	6
6. ILUMINACIÓN NAVE INDUSTRIAL	7
7. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	8
8. SITUACIÓN TOMAS DE CORRIENTE EN PLANTA	9
9. PUESTA A TIERRA DE LA NAVE INDUSTRIAL	10
10. UNIFILAR CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	11
11. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1	12
12. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2	13
13. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3	14
14. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4	15
15. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5	16
16. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 6	17
17. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 7	18
18. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 8	19
19. UNIFILAR CUADROS TOMAS DE CORRIENTE	20
20. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	21



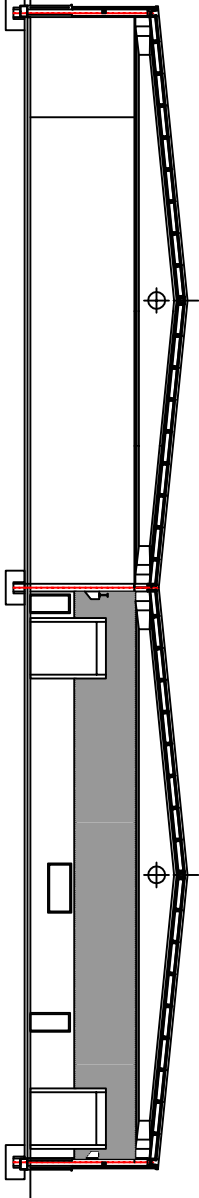
ALZADO NORTE



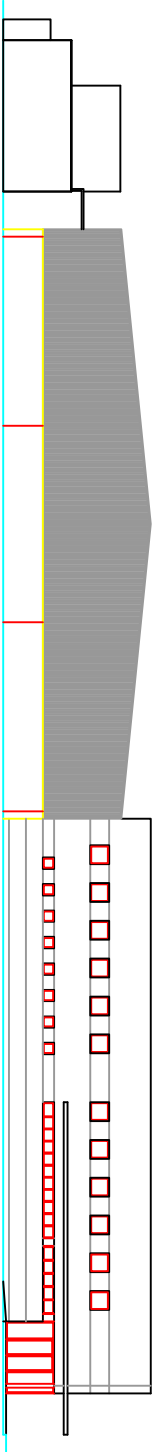
ALZADO SUR



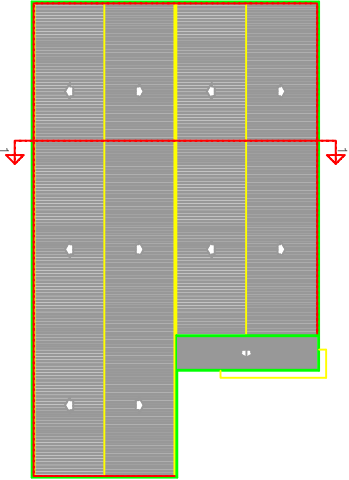
ALZADO OESTE




SECCIÓN 1



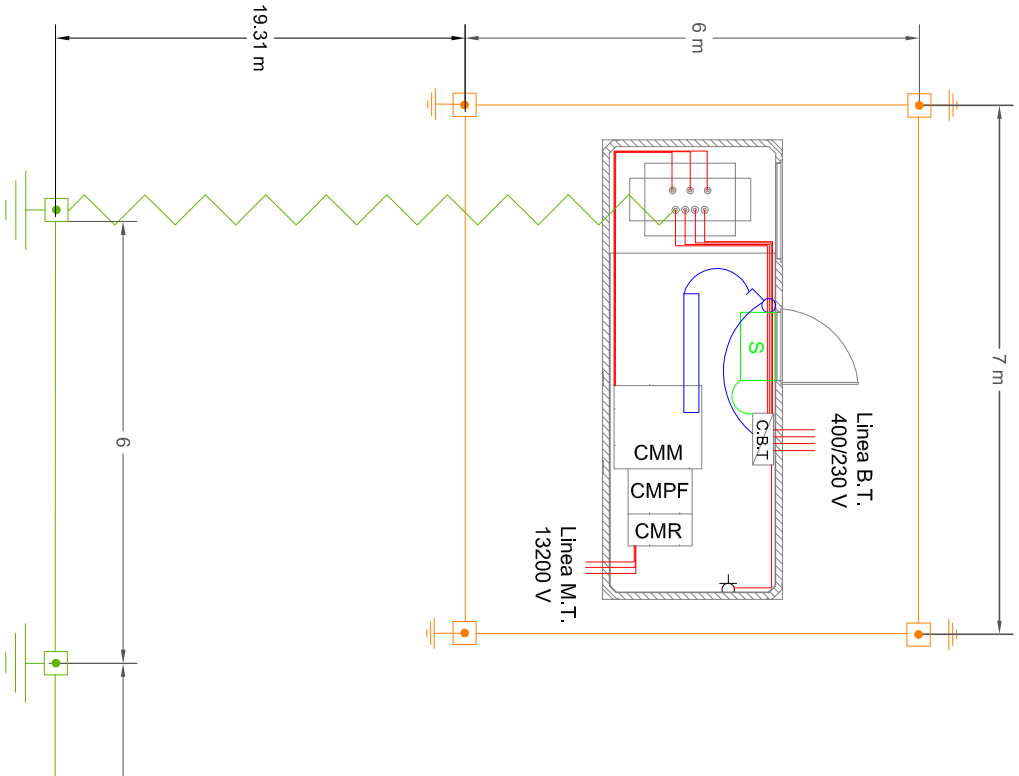
ALZADO ESTE



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

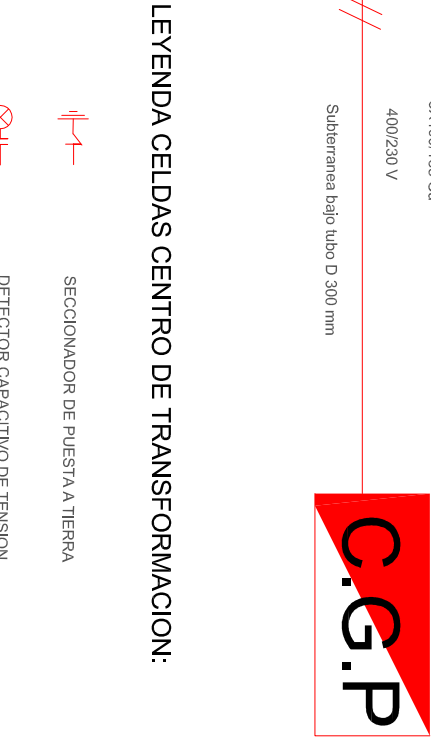
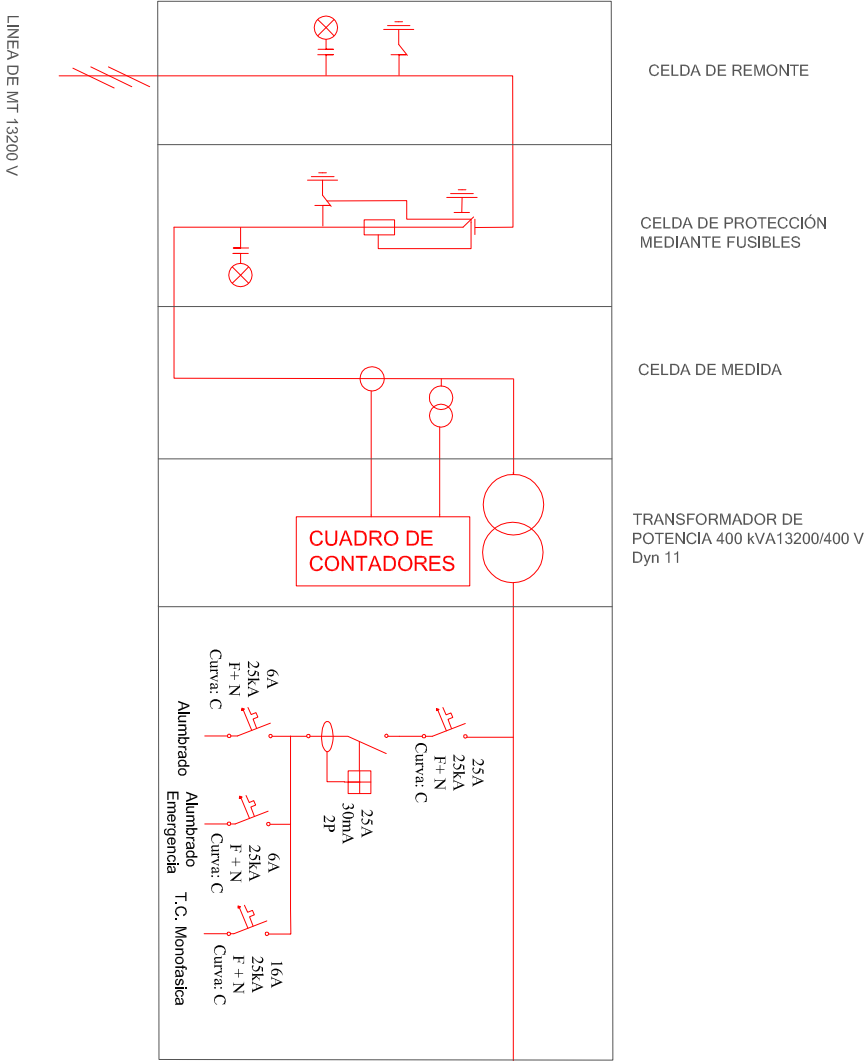
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION	REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER
	FIRMA:

PLANO:	FECHA:	ESCALA:	N. PLANO:
ALZADOS	Julio 2011	1:400	2




LEYENDA CENTRO DE TRANSFORMACION:

	MODULO FLUORESCENTE 2X 58 W, ADOSADO AL TECHO
	INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO A 1,5 m DEL SUELO
	CUADROS ELÉCTRICOS A 1,5 m DEL SUELO DE ALTURA
	TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA 16 A
	CELDA DE MEDIDA
	CELDA DE PROTECCIÓN MEDIANTE FUSIBLES
	CELDA DE REMONTE
	LUMINARIA DE EMERGENCIA CON SEÑALIZACION DE SALIDA ADOSADA A LA PARED
	ARQUETA DE REGISTRO
	PICA DE DIAMETRO 14 mm, LONGITUD 4m, E INSTALADA A UNA PROFUNDIDAD DE 0,5 m
	CONDUCTOR DESNUDO 50mm ² Cu
	CONDUCTOR DESNUDO 50mm ² Cu
	CONDUCTOR AISLADO (0,6/1kV) 50mm ² Cu



LEYENDA CELDAS CENTRO DE TRANSFORMACION:





	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	DETECTOR CAPACITIVO DE TENSION
	3 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD 20/ A. 15 VA, CL.0,5 Y AISLAMIENTO 24 kV
	3 TRANSFORMADORES DE TENSION 13200/110 V, CL. 0,5 Y AISLAMIENTO 24 kV
	PROTECCION CON FUSIBLE
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO

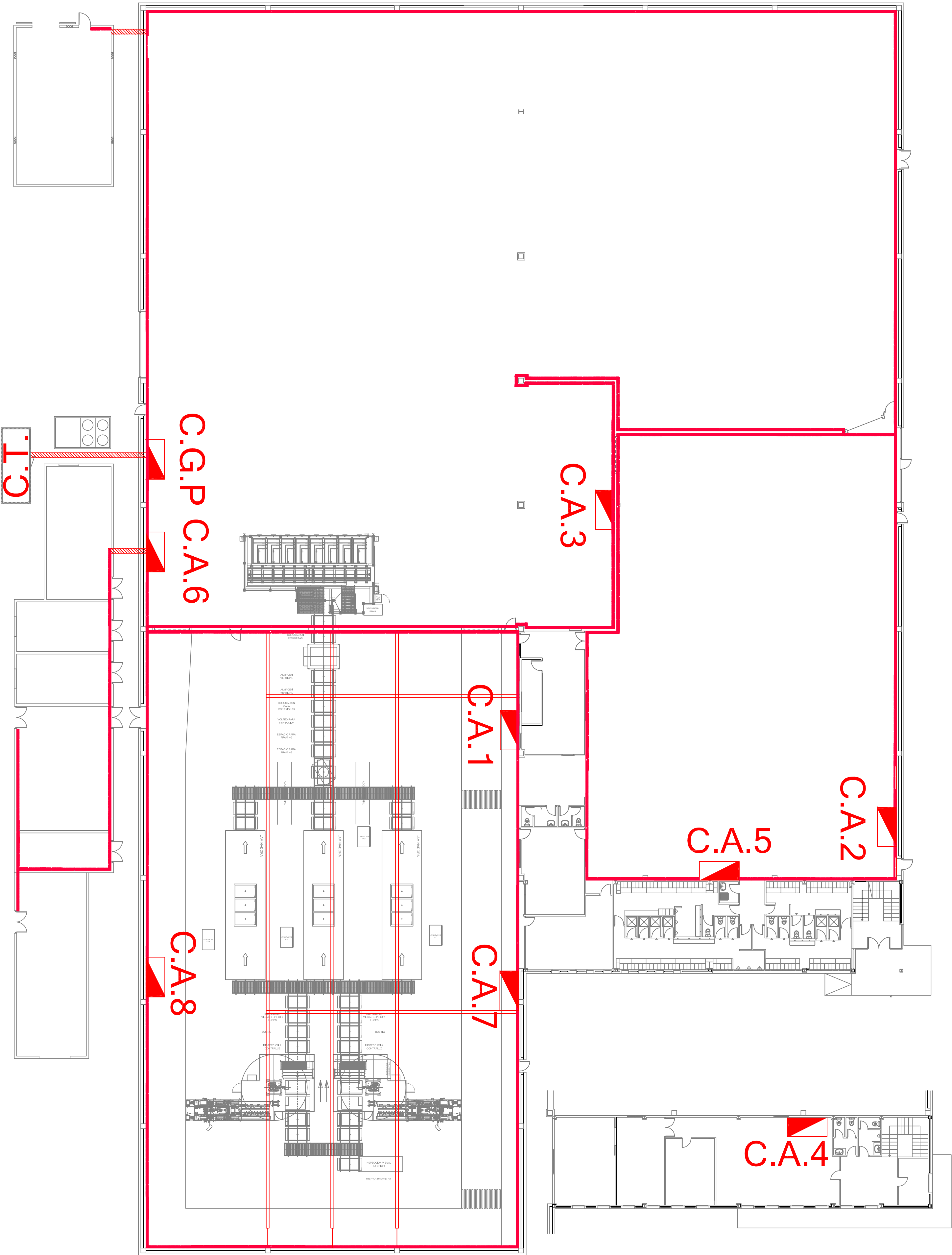
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	

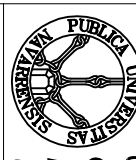
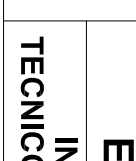
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MADUZ, BELAUNZARAN, XABIER
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:

FECHA: Julio 2011	ESCALA: 1:100	N. PLANO 20
-------------------	---------------	-------------

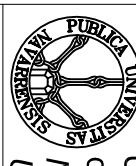
LEYENDA:

-  CUADROS ELECTRICOS, ADOSADOS A 1,5 m DEL SUELO
-  BANDEJA PORTACABLES DE MALLA DE ACERO GALVANIZADO, DE 400 mm DE ANCHO Y 35 mm DE ALTO INSTALADA A 6 m DE ALTURA
-  ZANJA DE 40X70 cm CON ARENA LAVADA DEBAJO DEL TUBO Y RELLENA DE TIERRA EXCAVADA
-  BANDEJA PORTACABLES DE MALLA DE ACERO GALVANIZADO, DE 300 mm DE ANCHO Y 35 mm DE ALTO INSTALADA A 3 m DE ALTURA





	Universidad Pública de Navarra Materocoko		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	REALIZADO: MADOZ BELAUNZARAN XABIER
	Unibertsitate Publikoa				
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION					
PLAN: DISTRIBUCION CUADROS ELECTRICOS EN PLANTA					
FECHA: Julio 2011	ESCALA: 1:200	FIRMA: N. PLAN: 5			





 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION			
REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER			
FIRMA:			
FECHA: Julio 2011		ESCALA: 1:200	
PLANO: DISTRIBUCION DE LAS SUPERFICIES		N. PLANO 3	


LEYENDA:


- 


TOMA DE TELÉFONO
- 


TOMA INFORMÁTICA
- 


TOMA DE CORRIENTE 16 A
- 

TOMA DE CORRIENTE 25 A
- 

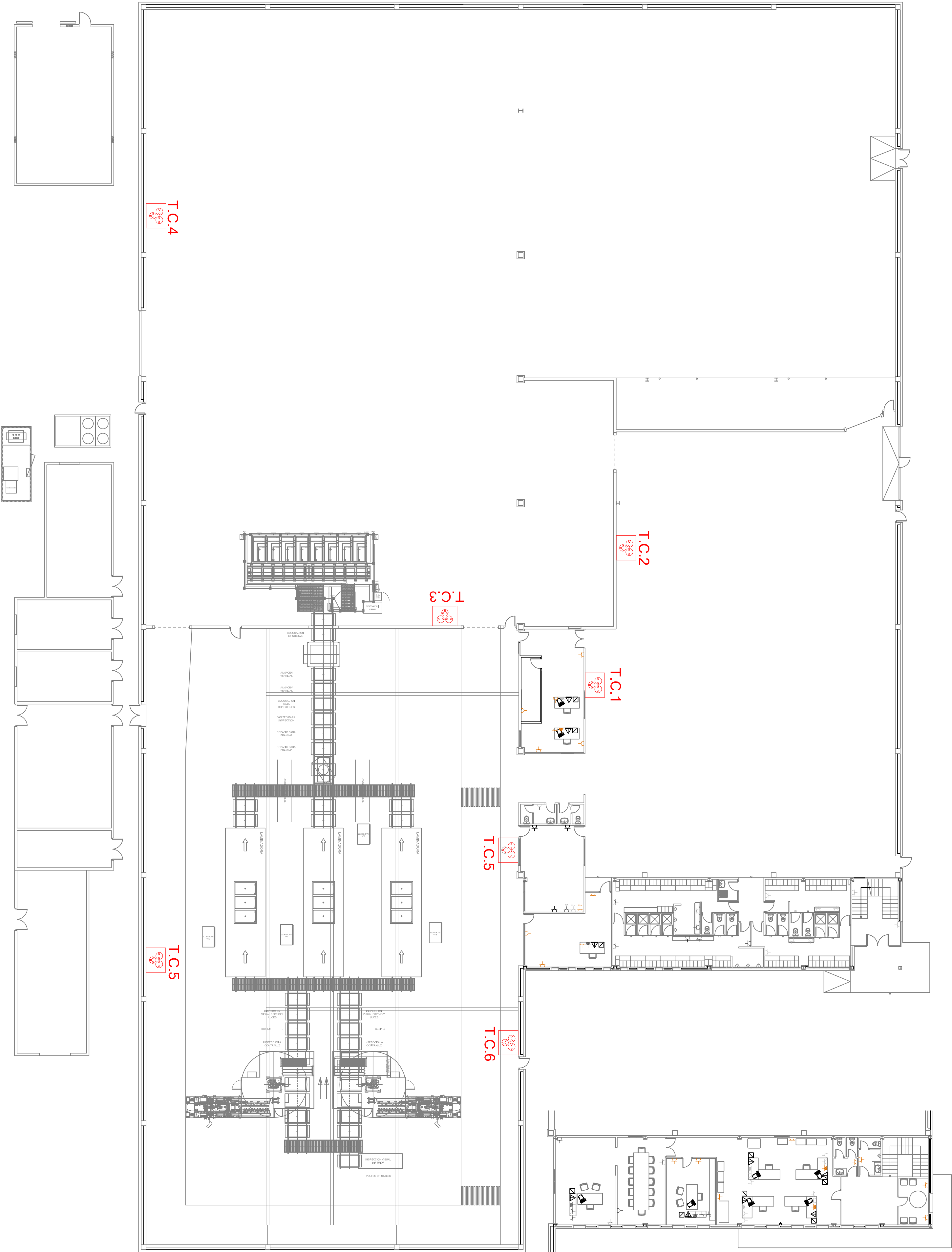
TOMA SAI
- 


CUADROS TOMAS DE CORRIENTE (2X2P+TT-16A)+(4P+TT-25A)
- 

FASE R
- 

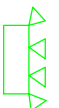
FASE S
- 

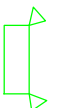
FASE T

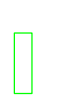



	Universidad Pública de Navarra Mataroko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION			
REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER			
FIRMA:			
FECHA: ESCALA: N. PLANO: Julio 2011 1:200 8			
PLANO:	SITUACION TOMAS DE CORRIENTE EN PLANTA		


LEYENDA:


- 

APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA 4X 25 W / 1100 LÚMENES, ADOSSADO A LA PARED A 3 m DEL SUELO
- 

APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA 2X 65 W / 1500 LÚMENES, ADOSSADO A LA PARED A 3 m DEL SUELO
- 

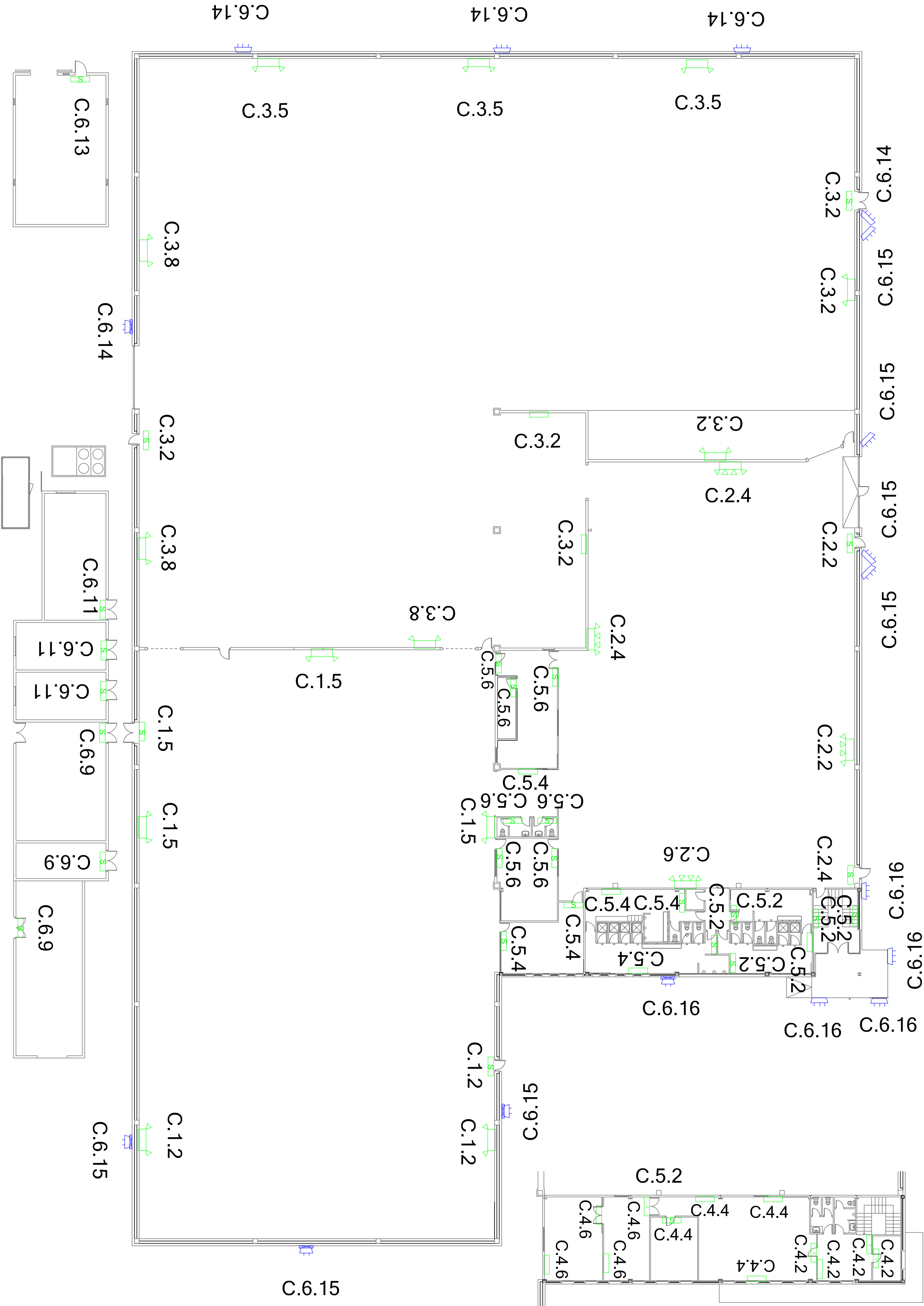
APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA, ADOSSADO A LA PARED A 2,3 m DEL SUELO
- 


APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA CON SEÑALIZACIÓN DE SALIDA, ADOSSADO A LA PARED A 2,3 m DEL SUELO
- 

LUMINARIA EXTERIOR 400 W CLASE 1 EMPOTRADA EN PARED A 6,75 m DEL SUELO
- 

LUMINARIA EXTERIOR 150 W EMPOTRADA EN PARED A 6,75 m DEL SUELO
- C.X.Y

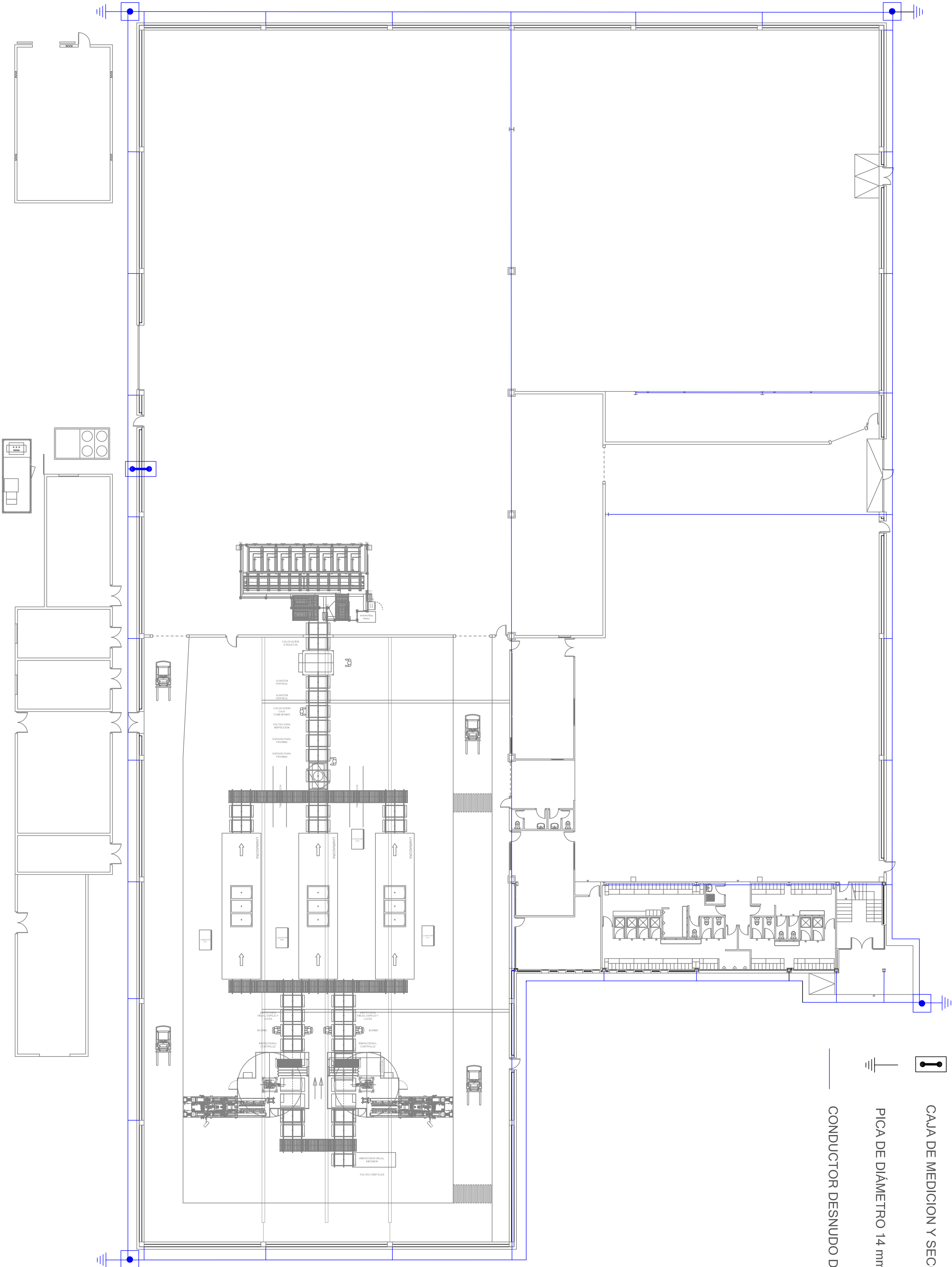
Nº CIRCUITO




 Universidad Pública de Navarra Mataroko Universitate Publica	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION				
PLANO: ILUMINACION DE EMERGENCIA		REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER			
		FIRMA:			
		FECHA: ESCALA: N.º PLANO: Julio 2011 1:200 7			

LEYENDA:

- ARQUETA DE REGISTRO
- CAJA DE MEDICION Y SECCIONAMIENTO DE PUESTA A TIERRA
- PICA DE DIÁMETRO 14 mm, LONGITUD 2m, E INSTALADA A UNA PROFUNDIDAD DE 0,8 m
- CONDUCTOR DESNUDO DE COBRE DE SECCION 50 mm2 A UNA PROFUNDIDAD DE 0,8 m



	Universidad Pública de Navarra Mataroko Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION					
REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER					
FIRMA:					
PLANO: PUESTA A TIERRA DE LA NAVE INDUSTRIAL					
FECHA: Julio 2011		ESCALA: 1:200 N.º PLANO: 9			

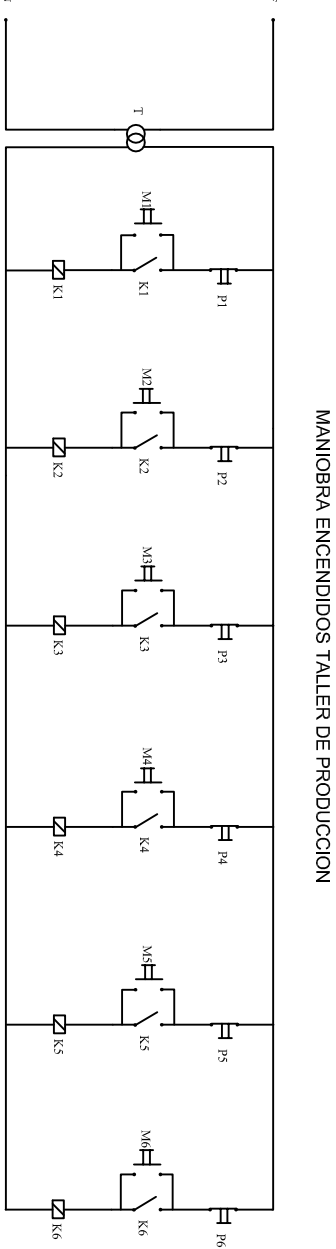
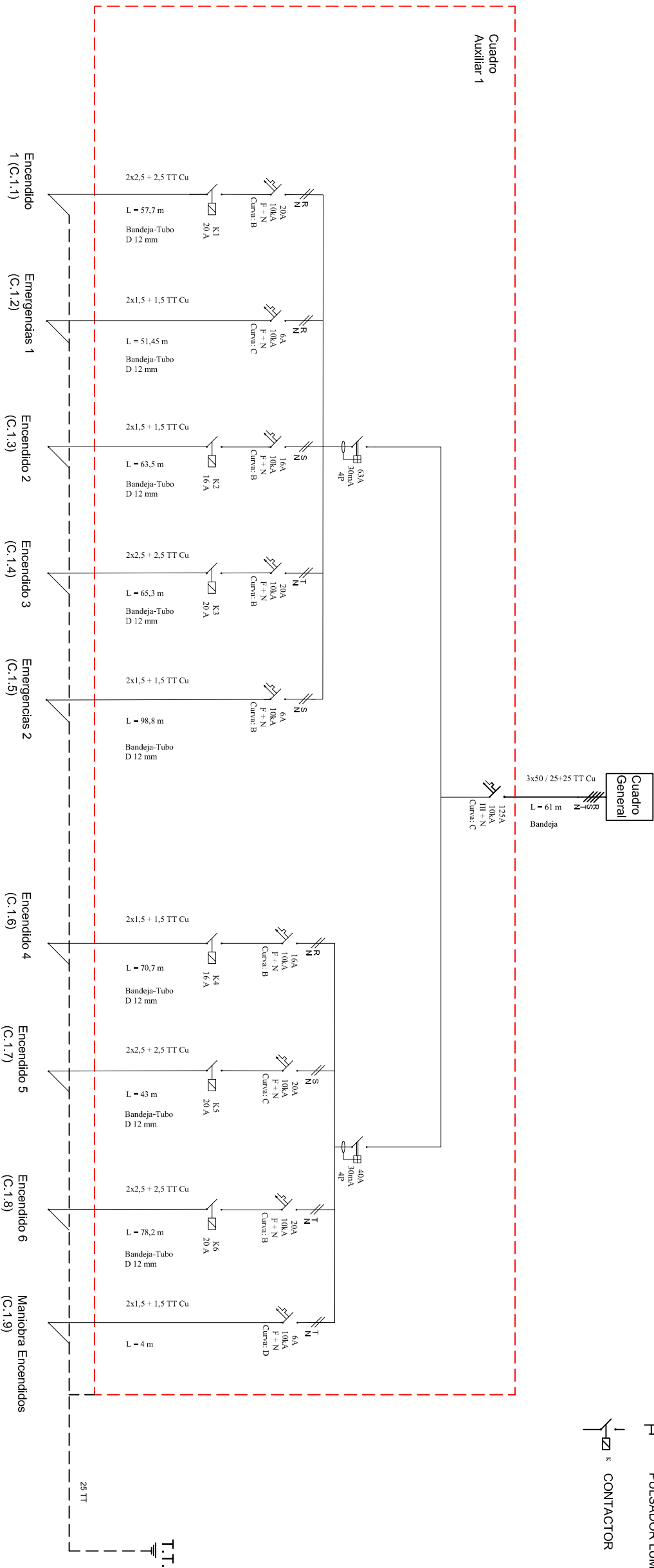
LEYENDA:


 INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A: intensidad nominal
mA: sensibilidad
N: n.º de polos

 INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A: intensidad nominal
kA: poder de corte
F+N: n.º de polos

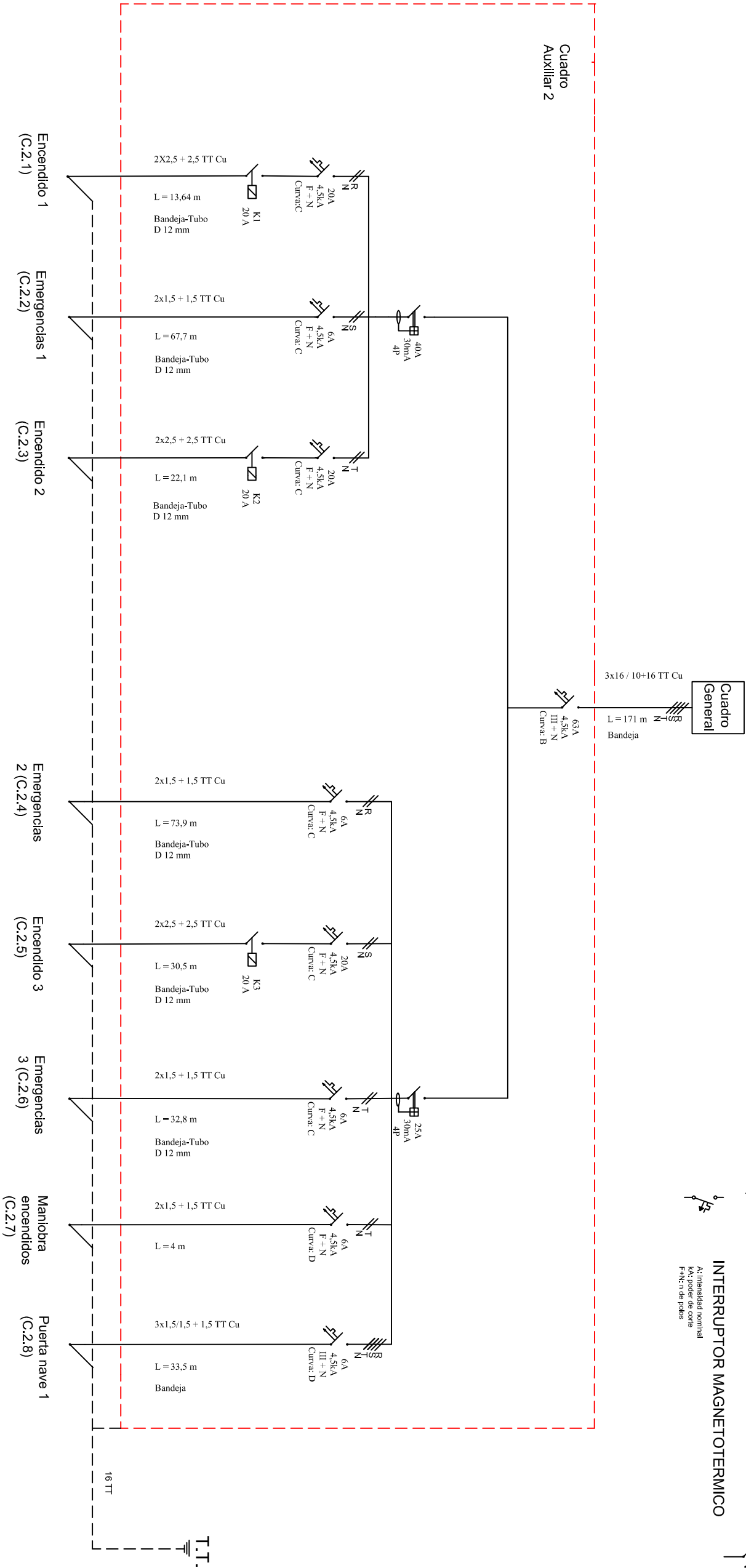
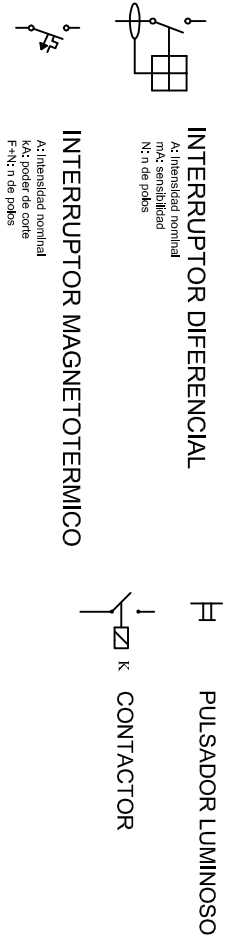
 PULSADOR LUMINOSO

 CONTACTOR

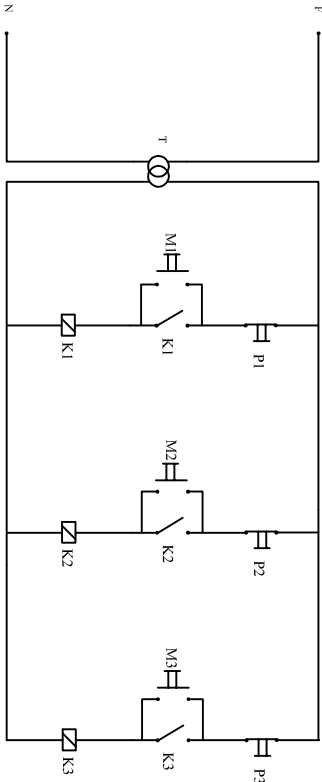


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER		FIRMA:	
PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1		FECHA: Julio 2011		ESCALA: S/E	
				N. PLANO: 11	

LEYENDA:

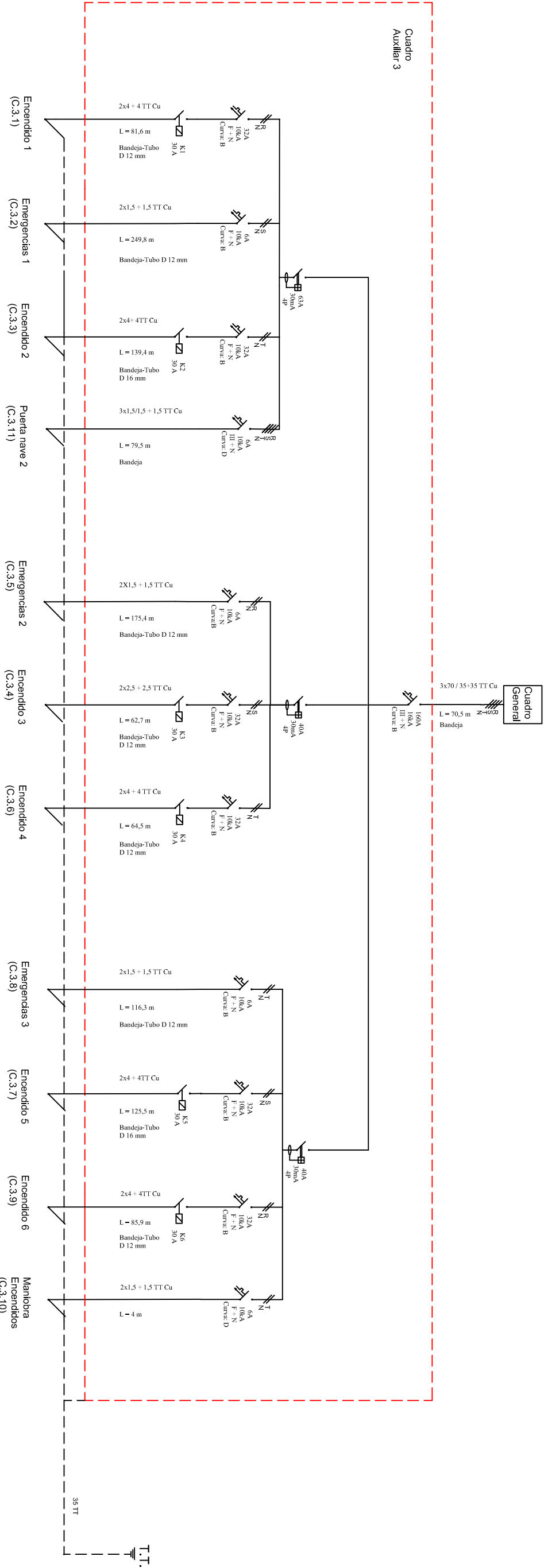
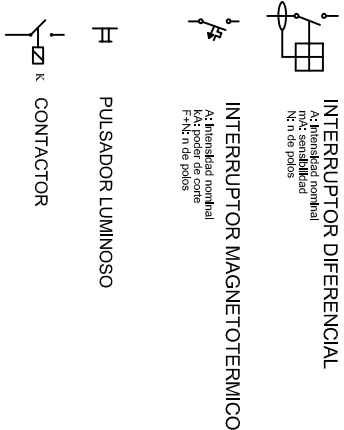


MANIOBRA ENCENDIDOS ALMACEN DE MATERIA PRIMA

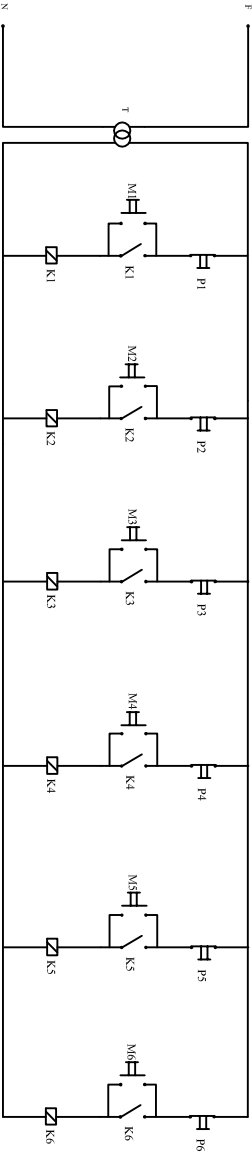



<div>Universidad Publica de NavarraNafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<div>E.T.S.I.I.T.INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</div>	
<div>PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</div>		<div>REALIZADO: MADUZ, BELAUNZARAN, XABIER</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2</div>		<div>FECHA: Julio 2011</div>	<div>ESCALA: S/E</div>	<div>N. PLANO: 12</div>	

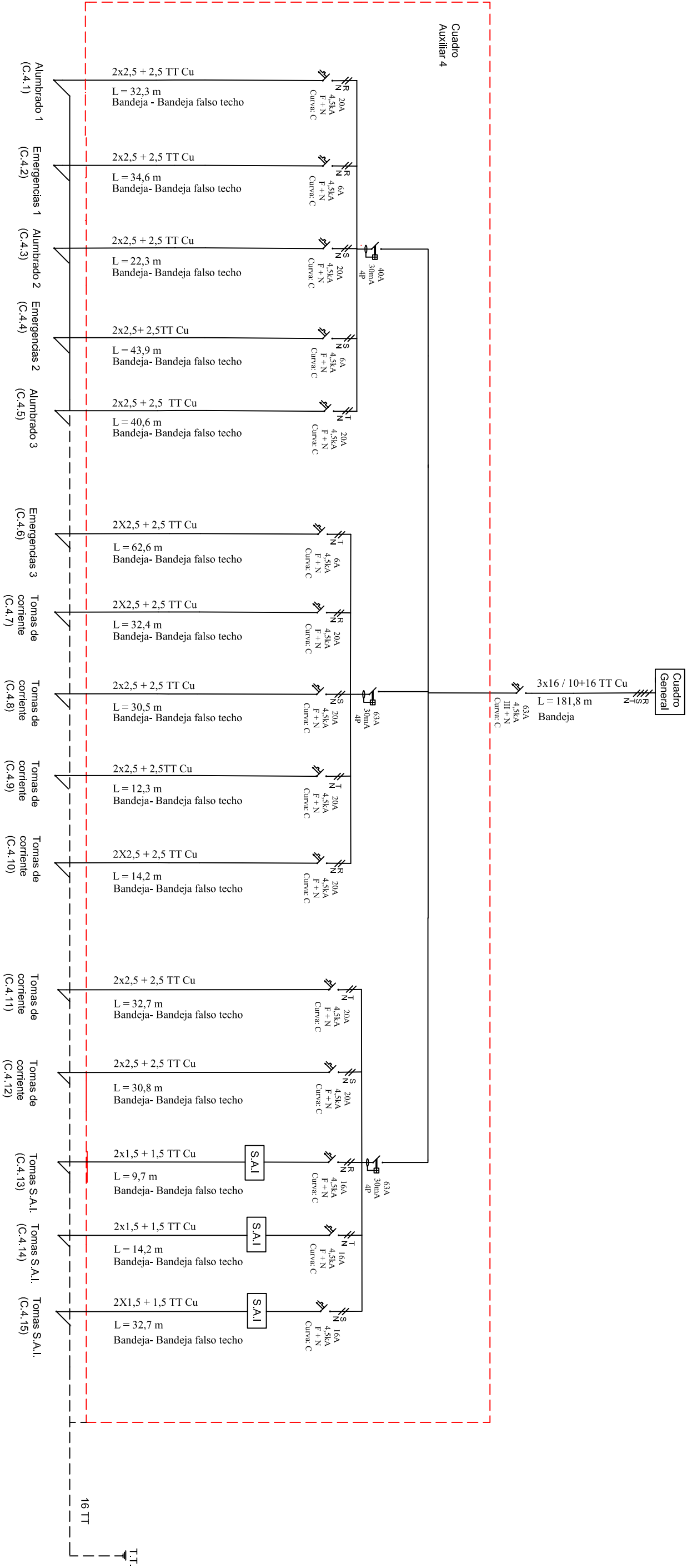
LEYENDA:



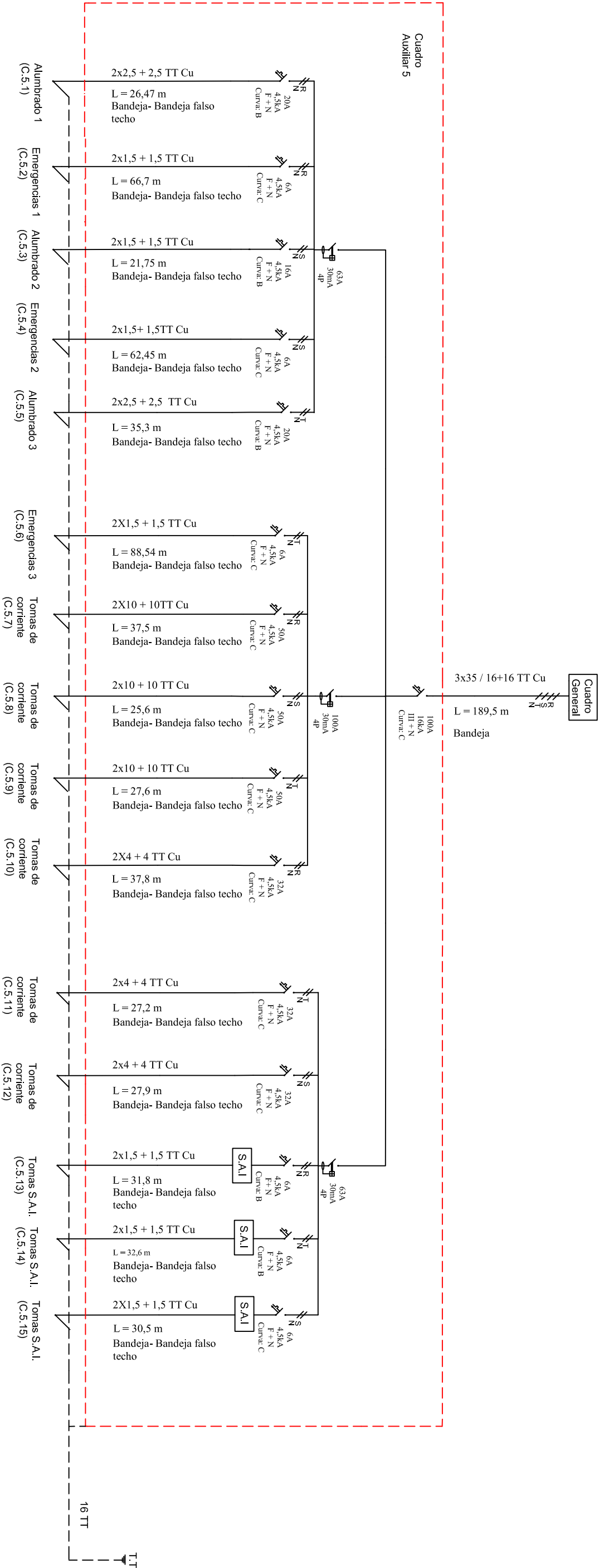
MANIOBRA ENCENDIDOS ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO




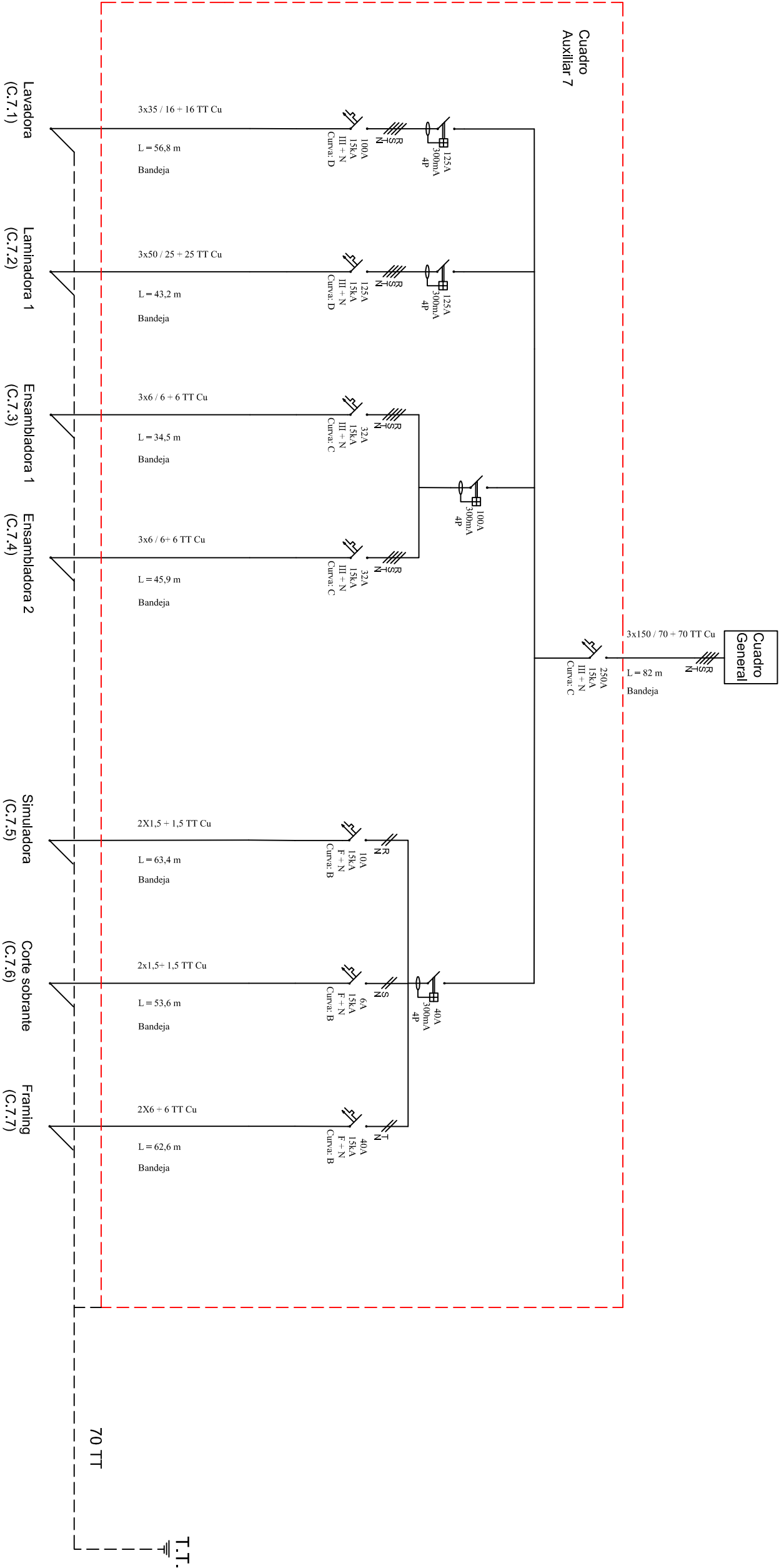
<div><div><p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p></div><div><p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p></div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER	
PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3		FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA:
		Julio 2011	S/E
		N. PLANO 13	



<div>Universidad Publica de Navarra</div> <div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<div>E.T.S.I.I.T.</div> <div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</div>	
<div>PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</div>		<div>REALIZADO: MADUZ, BELAUNZARAN, XABIER</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4</div>		<div>FECHA: Julio 2011</div>	<div>ESCALA: S/E</div>	<div>N. PLANO: 14</div>	



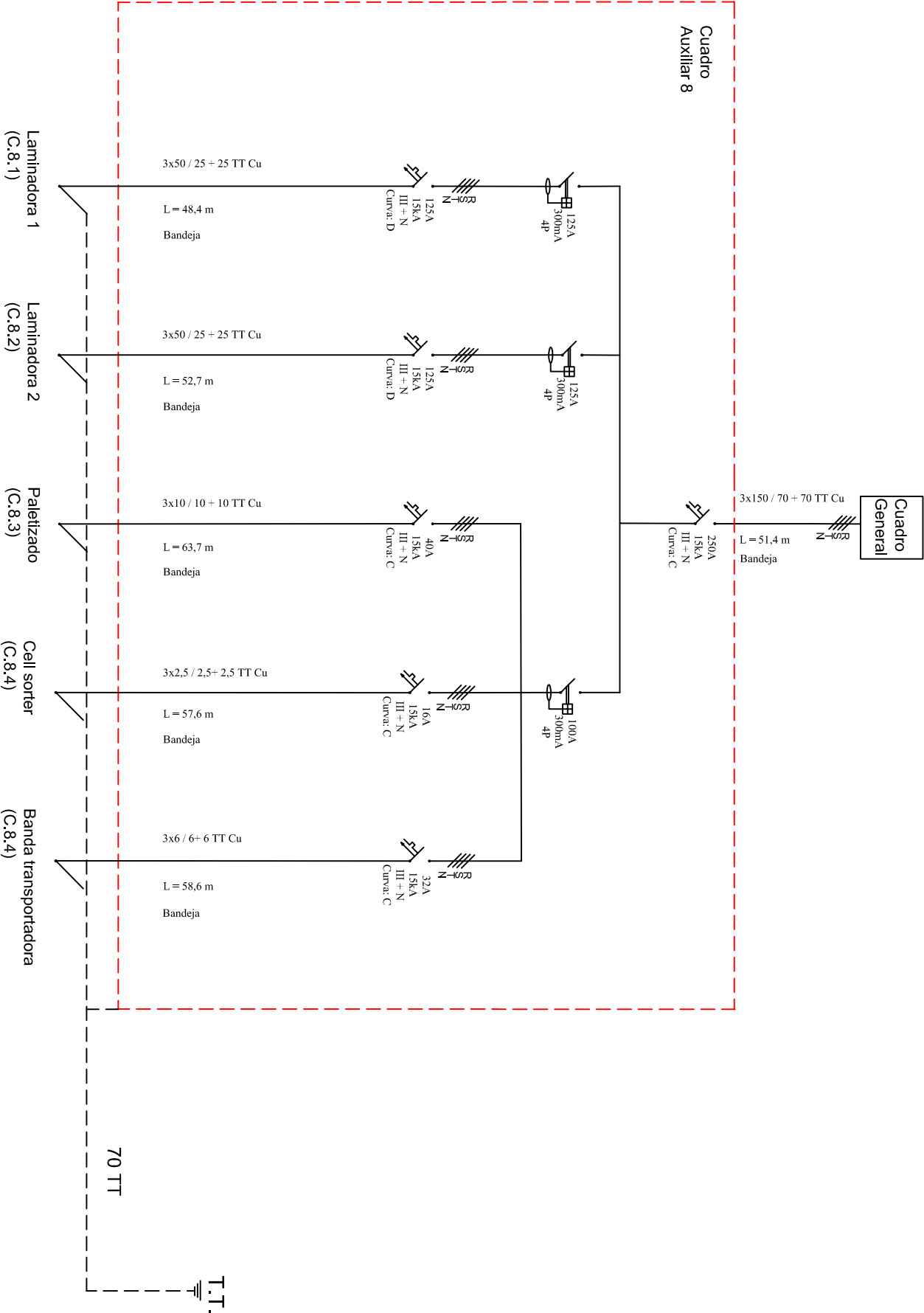
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION				REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER	
PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5				FIRMA:	
FECHA: Julio 2011		ESCALA: S/E		N. PLANO 15	



LEYENDA:



<div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div></div></div><div>Universidad Publica de Navarra</div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: MADDOZ, BELAUNZARAN, XABIER	
PLANO:	UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 7		FIRMA:	
	FECHA: Julio 2011	ESCALA: S/E	N. PLANO 17	



LEYENDA:




INTERRUPTOR DIFERENCIAL

A: intensidad nominal
mA: sensibilidad
N: n de polos



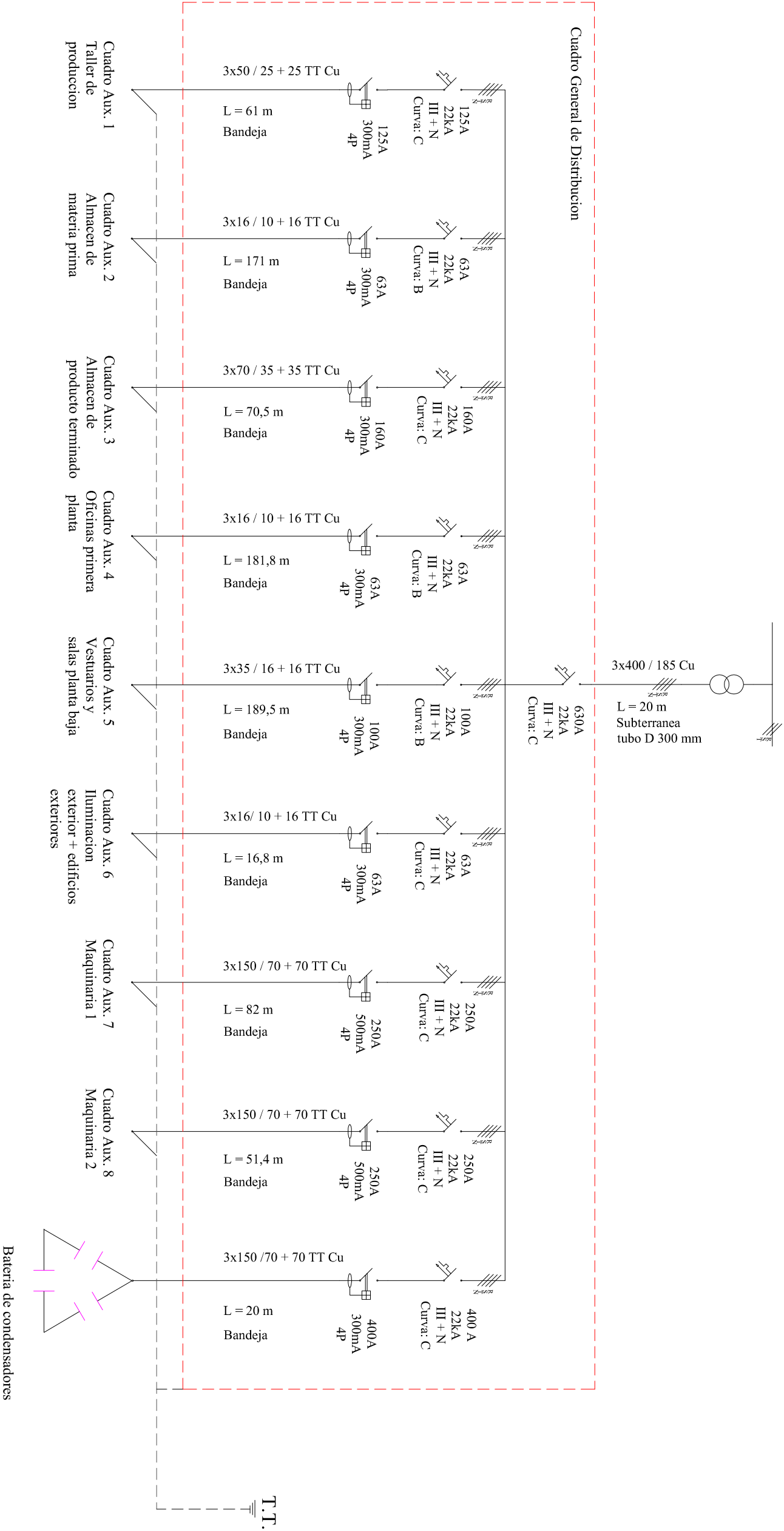
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO

A: intensidad nominal
kA: poder de corte
P+N: n de polos

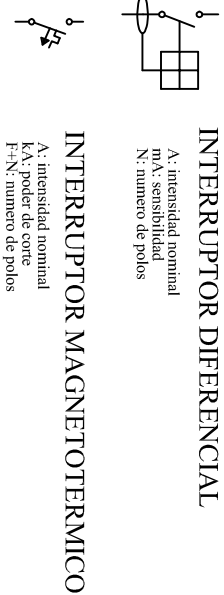
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		
REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER		FIRMA:
PLANO: UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 8		
FECHA: Julio 2011	ESCALA: S/E	N. PLANO: 18

upma

Todos los derechos reservados



LEYENDA:



Universidad Publica de Navarra		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:		FIRMA:	
PLANO: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION		FECHA: Julio 2011	ESCALA: S/E	N. PLANO: 105	

Cuadro
Aux. 6

3x10 / 10 + 10 TT Cu
L = 85,8 m
Bandeja

Cuadro
Auxiliar Tomas de Corriente
(7 unidades)

63A
4,5kA
III + N
Curva: C

63A
30mA
4P

40A
4,5kA
III + N
Curva: D

3x4 / 4 + 4 TT Cu
L = 3 m
Bandeja

20A
4,5kA
F + N
Curva: C

2x2,5 + 2,5 TT Cu
L = 3 m
Bandeja

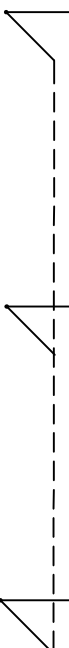
20A
4,5kA
F + N
Curva: C

2x2,5 + 2,5 TT Cu
L = 3 m
Bandeja

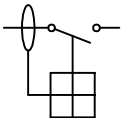
T.C. trifasica
4P+TT-25A
(C.6.1.1)

T.C. monofasica
2P+TT-16A
(C.6.1.2)

T.C. monofasica
2P+TT-16A
(C.6.1.3)



LEYENDA:



INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A: intensidad nominal
mA: sensibilidad
N: n de polos



INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A: intensidad nominal
kA: poder de corte
F+N: n de polos



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA ELECTRICA
Y ELECTRONICA

PROYECTO:
INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE
INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON
CENTRO DE TRANSFORMACION

REALIZADO:
MADOZ, BELAUNZARAN, XABIER

PLANO:

UNIFILAR CUADROS TOMAS DE CORRIENTE

FECHA: Julio 2011

ESCALA: S/E

N. PLANO: 19



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011



INDICE

PLIEGO DE CONDICIONES

PÁGINA.

1. Objeto.	3
2. Condiciones generales.	3
2.1. Normas generales.	3
2.2. Ambito de aplicación.	3
2.3. Conformidad y variación de las condiciones.	3
2.4. Restricción del contrato.	3
2.5. Condiciones generales.	4
3. Condiciones generales de ejecución.	4
3.1. Datos de la obra.	4
3.2. Obras que comprende.	5
3.3. Mejoras y variaciones del proyecto.	5
3.4. Personal.	5
3.5. Abono de la obra.	6
4. Condiciones particulares.	6
4.1. Disposiciones aplicables.	6
4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto.	6
4.3. Prototipos.	7
5. Normativa general.	7
6. Redes subterráneas de baja tensión.	8
6.1. Objetivo.	8
6.2. Condiciones generales.	8
6.3. Ejecución del trabajo.	8
6.4. Trazado de zanjas.	8
6.5. Tendido de conductores.	9
6.6. Identificación del conductor.	10
6.7. Cierre de zanjas.	10
7. Receptores.	10
7.1. Condiciones generales de la instalación.	10
7.2. Receptores de alumbrado. Instalación.	11
7.3. Conexiones de receptores.	11
7.4. Receptores a motor. Instalación.	12
7.5. Materiales auxiliares.	12
8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones.	12
8.1. Protección de las instalaciones.	12
8.1.1. Protección contra sobreintensidades.	12



8.1.2. Protección contra sobrecargas.	13
8.2. Situación de los dispositivos de protección.	13
8.3. Características de los dispositivos de protección.	13
9. Protección contra contactos directos e indirectos.	14
9.1. Protección contra contactos directos.	14
9.2. Protección contra contactos indirectos.	14
9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.	15
10. Alumbrados especiales.	15
10.1. Alumbrado de emergencia.	15
10.2. Alumbrado de señalización.	16
10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.	16
10.4. Fuentes propias de energía.	16
10.5. Instrucciones complementarias.	17
11. Local.	17
11.1. Prescripciones de carácter general.	17
12. Mejoramiento del factor de potencia.	18
13. Puesta a tierra.	19
13.1. Generalidades.	19
13.2. Ensayos.	19



PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, alumbrado exterior, toma tierra y el Centro de transformación de la nave industrial dedicada a la fabricación y almacenaje de módulos fotovoltaicos.

La nave industrial estará situada en el Polígono Industrial Isasia, en el área industrial de Alsasua (Navarra).

2. Condiciones generales

2.1. Normas generales

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

2.2. Ambito de aplicación

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

2.3. Conformidad y variación de las condiciones

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

2.4. Restricciones del contrato

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.



- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fé.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fé en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

2.5. Condiciones generales

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente pliego de condiciones.

3. Condiciones generales de ejecución

3.1. Datos de la obra

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota ó sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.



3.2. Obras que comprende

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando como nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

3.3. Mejoras y variación del proyecto

No se considerarán como mejoras ó variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y se haya convenido el precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.4. Personal

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la



expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

3.5. Abono de la obra

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

4. Condiciones particulares

4.1. Disposiciones aplicables

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

4.2. Contradicciones y omisión del proyecto

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.



Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

4.3. Prototipos

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

5. Normativa general

- a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.



- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

6. Redes subterráneas de baja tensión

6.1. Objetivo

Se determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

6.2. Condiciones generales

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

6.3. Ejecución del trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

6.4. Trazado de zanjas

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejarán las llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre



la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

6.5. Tendido de conductores

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por mm² de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Directo de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.



En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

6.6. Identificación del conductor

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305

6.7. Cierre de zanjas

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

7. Receptores

7.1. Condiciones generales de la instalación

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.



Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

7.2. Receptores de alumbrado. Instalación

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITC-BT-09 del RBT.

7.3. Conexión de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.



La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

7.4. Receptores a motor. Instalación

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

7.5. Materiales auxiliares

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

8.1. Protección de las instalaciones

8.1.1. Protección contra sobreintensidades

El circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.



Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

8.1.2. Protección contra sobrecargas

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

8.2. Situación de los dispositivos de protección

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

8.3. Características de los dispositivos de protección

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierra. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que



indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

9. Protección contra contactos directos e indirectos

9.1. Protección contra contactos directos

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

9.2. Protección contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

**Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se pueden aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
 - 24 voltios en locales conductores.
 - 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

10. Alumbrados especiales**10.1. Alumbrado de emergencia**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes



propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

10.2. Alumbrado de señalización

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales

- a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.
- b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

10.4. Fuentes propias de energía

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y



otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

10.5. Instrucciones complementarias

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

11. Local

11.1. Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales a los que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, y el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabines de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre en el cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de



distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
 - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

12. Mejoramiento del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencial inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.



Cuando se instales condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

13. Puestas a tierra

13.1. Generalidades

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

13.2. Ensayos

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: "Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra".

Pamplona, Julio de 2011

Xabier Madoz Belaunzarán



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011

**INDICE****PRESUPUESTO****PÁGINA.**

1. Capítulo I: Acometida	2
2. Capítulo II: Protecciones	3
2.1. Cuadro General de Distribución: CGP	3
2.2. Cuadro auxiliar 1: Alumbrado taller de producción	5
2.3. Cuadro auxiliar 2: Alumbrado almacén de materia prima	6
2.4. Cuadro auxiliar 3: Alumbrado almacén de producto terminado	8
2.5. Cuadro auxiliar 4: Oficinas (primera planta)	10
2.6. Cuadro auxiliar 5: Vestuarios y salas (planta baja)	11
2.7. Cuadro auxiliar 6: Tomas de corriente + alumbrado exterior	13
2.8. Cuadro auxiliar 7: Maquinaria I	15
2.9. Cuadro auxiliar 8: Maquinaria II	17
2.10. Cuadros tomas de corriente	19
2.11. Resumen capítulo de protecciones	20
3. Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones	21
3.1. Conductores	21
3.2. Tubos	22
3.3. Canalizaciones	23
3.4. Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones	23
4. Capítulo IV: Puestas a tierra	24
5. Capítulo V: Alumbrado	25
5.1. Alumbrado interior nave industrial	25
5.2. Alumbrado de emergencia nave industrial	26
5.3. Alumbrado exterior nave industrial	27
5.4. Resumen capítulo alumbrado	27
6. Capítulo VI: Tomas de corriente contactores y elementos varios	28
7. Capítulo VII: Centro de transformación	30
7.1. Obra civil	30
7.2. Caseta del centro de transformación	30
7.3. Transformador	31
7.4. Aparamenta media tensión	31
7.5. Aparamenta baja tensión	32
7.6. Puestas a tierra del centro de transformación	34
7.7. Resumen capítulo centro de transformación	34
8. Capítulo VIII: Compensación de energía reactiva	35
9. Capítulo IX: Equipo de seguridad y salud	36
10. Resumen total del presupuesto	39



PRESUPUESTO

1. Capítulo I: Acometida

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x400 mm ²) Cobre	60	142,024	8521,44
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x185 mm ²) Cobre	20	61,262	1225,24
Metro lineal	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 300 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	20	5,25	105
Metro lineal	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	20	3,15	63
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	16	17,99	287,84
TOTAL				10202,52



2. Capítulo II: Protecciones

2.1. Cuadro General de Distribución: CGP

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Merlin Gerin, Prisma G, de medidas 1530x595x250 mm incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	746,97	746,97
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 630 A	1	1393,1	1393,1
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 125 A	1	317,16	317,16
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	2	211,63	423,26
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 160 A	1	945,06	945,06
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva B, III+N Calibre 100 A	1	945,06	945,06
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	1	211,63	211,63



Unidad	Interrupitor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 22 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	2	1376,68	2753,36
Unidad	Interrupitor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 125A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	327,59	327,59
Unidad	Interrupitor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	3	198,88	596,64
Unidad	Interrupitor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 160A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	322,18	322,18
Unidad	Interrupitor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	263,7	263,7
Unidad	Interrupitor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 250A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	491,63	983,26
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				10433,4



2.2. Cuadro auxiliar 1: Alumbrado taller de producción

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, III+N Calibre 125 A	1	278,31	278,31
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	3	57,91	173,73
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 16 A	3	56,32	168,96
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	2	38,18	76,36
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	1	36,75	36,75



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, F+N Calibre 6 A	1	91,75	91,75
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	624,27	624,27
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	210,69	210,69
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				2077,97

2.3. Cuadro auxiliar 2: Alumbrado almacén de materia prima

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73



Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva B, III+N Calibre 63 A	1	81,59	81,59
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	3	34,39	103,17
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	3	35,25	105,75
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva D, III+N Calibre 6 A	2	219,91	439,82
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	287,74	287,74
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	276,79	276,79



Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				1507,59

2.4. Cuadro auxiliar 3: Alumbrado almacén de producto terminado

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 750x550x148 mm 96 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	323,64	323,64
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva B, III+N Calibre 160 A	1	400,09	400,09
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 32 A	6	62,54	375,24



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 6 A	3	58,8	176,4
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 6 A	1	181,06	181,06
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, F+N Calibre 6 A	1	91,75	91,75
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	624,27	624,27
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	287,74	575,48
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				2952,35



2.5. Cuadro auxiliar 4: Oficinas (primera planta)

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 600x550x148 mm 72 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	242,91	242,91
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	1	80,43	80,43
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	9	34,39	309,51
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	3	35,25	105,75
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	3	33,39	100,17



Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	624,27	1248,54
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	287,74	287,74
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				2579,47

2.6. Cuadro auxiliar 5: Vestuarios y salas (planta baja)

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 600x550x148 mm 72 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	242,91	242,91
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 16 KA, curva C, III+N Calibre 100 A	1	283,94	283,94



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	2	41,05	82,1
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	4	35,25	141
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva B, F+N Calibre 16 A	1	40,32	40,32
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 50 A	4	78,6	314,4
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva C, F+N Calibre 32 A	3	36,6	109,8
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 4,5 KA, curva B, F+N Calibre 6 A	2	41,45	82,9



Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	624,27	1248,54
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	1	445,2	445,2
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				3195,53

2.7. Cuadro auxiliar 6: Tomas de corriente + alumbrado exterior

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 900x550x148 mm 120 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	369,00	369,00
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	1	199,34	199,34



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, III+N Calibre 20 A	3	95,64	286,92
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, III+N Calibre 20 A	4	86,63	346,52
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	6	65,18	391,08
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	3	38,18	114,54
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, F+N Calibre 6 A	1	91,75	91,75
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	1	184,71	184,71



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 40 A	1	187,79	187,79
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	3	624,27	1872,81
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	2	287,74	575,48
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				4824,36

2.8. Cuadro auxiliar 7: Maquinaria I

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 600x550x148 mm 72 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	242,91	242,91



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	1	1376,86	1376,86
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 100 A	1	326,26	326,26
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 125 A	1	372,88	372,88
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 32 A	2	152,45	304,9
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15KA, curva B, F+N Calibre 10 A	2	109,78	219,56
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva B, F+N Calibre 40 A	1	130,12	130,12



Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 125 A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	627,7	1255,4
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100 A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	299,49	299,49
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 40A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	243,33	243,33
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				4976,13

2.9. Cuadro auxiliar 8: Maquinaria II

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 250 A	1	1376,86	1376,86
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	1	165,1	165,1
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 125 A	2	372,88	745,76
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 16 A	1	142,12	142,12
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 32 A	1	152,45	152,45
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 100A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	299,49	299,49



Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 125A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	627,7	1255,4
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				4554,33

2.10. Cuadros tomas de corriente

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	7	290,97	2036,79
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 40 A	7	187,79	1314,53



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	14	36,75	514,5
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 30 mA 4 polos	7	624,27	4369,89
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	7	36,12	252,84
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	77	15,3	1178,1
TOTAL				9666,65

2.11. Resumen capítulo de protecciones

Presupuesto total capítulo II	Importe (€)
Cuadro general de distribución (C.G.P)	10433,39
Cuadro auxiliar 1	2077,97
Cuadro auxiliar 2	1507,59
Cuadro auxiliar 3	2952,35
Cuadro auxiliar 4	2579,47
Cuadro auxiliar 5	3195,53
Cuadro auxiliar 6	4824,36
Cuadro auxiliar 7	4976,13
Cuadro auxiliar 8	4554,33
Cuadros tomas de corriente	9666,65
TOTAL	46767,77



3. Capítulo III: Conductores, tubos y bandejas

3.1. Conductores

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x150 mm2) Cobre	460,2	51,324	23619,30
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x70 mm2) Cobre	306,8	26,256	8055,34
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x50 mm2) Cobre	615,9	18,07	11129,31
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x35 mm2) Cobre	879,9	12,784	11248,64
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x25 mm2) Cobre	410,6	9,55	3921,23
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x16 mm2) Cobre	862,2	6,332	5459,45
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x10 mm2) Cobre	1337,4	4,582	6127,97
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x6 mm2) Cobre	1655,15	2,924	4839,66
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4 mm2) Cobre	2893,3	2,21	6394,19



Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm2) Cobre	4015,47	1,662	6673,71
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm2) Cobre	7061,33	1,446	10210,68
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	108	24,8	2678,40
TOTAL				57553,93

3.2. Tubos

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	651,06	0,25	162,765
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 20 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	20	0,35	7
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	32	24,8	793,6
TOTAL				963,365



3.3. Bandejas

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	566,91	17,4	9864,234
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 300x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	185,4	14,8	2743,92
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 150x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	157,99	12	1895,88
TOTAL				14504,034

3.4. Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones

Presupuesto total capítulo III	Importe (€)
Conductores	57553,93
Tubos	963,37
Canalizaciones	14504,03
TOTAL	73021,33



4. Capítulo IV: Puestas a tierra

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12,32	49,28
Unidad	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad. Incluso mano de obra.	4	26,27	105,08
Metros lineales	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm ² de sección. Incluida parte proporcional de soldadura aluminotérmica CADWEL a la estructura metálica, empalmes y mano de obra.	367,31	6,15	2258,9565
Unidad	Conexión eléctrica entre cable de tierra y pilares metálicos, de marca CADWELL o similar, con soldadura aluminotérmica, incluyendo mano de obra.	46	5,48	252,08
Unidad	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios y mano de obra.	1	21,63	21,63
TOTAL				2687,03



5. Capítulo V: Alumbrado

5.1. Alumbrado interior nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20 + Lámparas Philips PL-C/2P26W/840.	21	38,58	810,18
Unidad	Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P18W/840 I 230V L ESTANCO + Lámparas Philips PL-C/2P18W/840.	6	55,53	333,18
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840	51	129,00	6579,00
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840	54	134,00	7236,00
Unidad	Luminaria Philips Cabana; Ref: HPK150 1xHPI-P400 + Lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) , HPI Plus de Philips, 400 W.	79	249,00	19671,00
Unidad	Luminaria Philips; Ref: TCS 160 1xTL-D58W HFP A + Lámpara fluorescente Philips; TL-D Super 58W/840	1	155,00	155,00
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	40	24,8	992
TOTAL				35776,36



5.2. Alumbrado de emergencia nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Proyector de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;	13	914,39	11887,07
Unidad	Proyector de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6608 45; 4x25 W;	4	961,83	3847,32
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 0615 18; 6W	5	153,60	768,00
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6624 03; 6W	9	70,5	634,50
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6622 34; 8W	5	129	645,00
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: B65 615 61; 6W	21	49,5	1039,50
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6622 22; 8W	4	66	264,00
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6622 25; 8W	3	135	405,00
Unidad	Carteles de señalización con la palabra "SALIDA"	33	2,29	75,57
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	40	24,8	992
TOTAL				20557,96



5.3. Alumbrado exterior nave industrial

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Lámpara exterior Philips MVF480 2xSON-TPP400W - NB + Lámparas 2x SON-TPP400W.	12	724,00	8688,00
Unidad	Lámpara exterior de vapor de sodio a. p., Philips SWF230 1xSON-TPP150W A/35 + Lámpara SON-TPP 150W.	5	328,00	1640,00
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	32	24,8	793,6
TOTAL				11121,60

5.4. Resumen capítulo alumbrado

Presupuesto total capítulo V	Importe (€)
Luminarias interior nave	35776,36
Luminarias de emergencia	20557,96
Luminarias exterior nave	11121,60
TOTAL	67455,92



6. Capítulo VI: Tomas de corriente contactores y elementos varios

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Toma de corriente F+N+T de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	40	9,48	379,2
Unidad	Toma de corriente F+N+T de 25 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	3	10,93	32,79
Unidad	2 T.C. 16A (blancas) + 1 T.C. SAI 16A (rojas) + voz + datos con caja para empotrar. Marca: CIMABOX colocado y conexionado.	9	24,98	224,82
Unidad	Cofret compuesta por 1 filas y2 tomas de corriente F+N+T de 16 A y 1 toma de corriente de 3F+N+T de 16 A Marca: Merlin Gerin colocado y conexionado.	7	57,27	400,89
Unidad	Interruptor unipolar. Marca: NIESSEN, serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	32	7,1	227,2
Unidad	Conmutador de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	20	8,2	164
Unidad	Pulsador luminoso de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	30	11,25	337,5



	Ud. S.A.I. monofásica de 2KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SWOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz. Colocado y conexionado.			
Unidad		3	332	996
TOTAL				2762,4



7. Capítulo VII: Centro de transformación

7.1. Obra civil

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Horas	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 6,08 m de largura, 2,38 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	24	35,4	849,6
TOTAL				849,6

7.2. Caseta del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-5. Incluyendo transporte y montaje.	1	8753,49	8753,49
TOTAL				8753,49

**7.3. Transformador**

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Transformador trifásico de 400KVA 24 KV / 420 V Conexionado Dyn 11 Marca: Ormazabal Refrigeración: natural. Aislamiento: aceite mineral. Peso: 1420 Kg, longitud: 11530 mm, anchura 941 mm, altura 1004 mm. Incluyendo transporte y montaje.	1	7666,07	7666,07
TOTAL				7666,07

7.4. Aparamenta media tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA: Celda CGM-CML-24 Marca: ORMAZABAL. Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto del celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión. Características eléctricas: Vn = 24 kV, In = 400 A Características físicas: Ancho = 370 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 135kg Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	1245	1245



Unidad	CELDA DE MEDIDA: Celda CGM-CMM-24 Marca: ORMAZABAL. Tensión. Características eléctricas: $V_n = 24 \text{ KV}$. Características físicas: Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 1025 mm, Peso = 180 Kg. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	4960	4960
Unidad	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CGM-CMP-F-24 Marca: ORMAZABAL. Características eléctricas: $V_n = 24 \text{ kV}$, $I_n = 400 \text{ A}$ Características físicas: Ancho = 420 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 125 Kg. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.	1	4050	4050
TOTAL				10255

7.5. Aparamenta baja tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret metálico de distribución Marca: Merlin Gerin con puerta metálica de 12 módulos. Dimensiones: 310 x 344 x 90 30 % de reserva.	1	55,46	55,46
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 25 A	1	121,25	121,25
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	1	115,11	115,11



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	2	117,81	235,62
Unidad	Interrupor diferencial Marca: ABB Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	1	192,95	192,95
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm2) Cobre	18	1,662	29,916
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm2) Cobre	30	1,446	43,38
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	3	0,25	0,75
Unidad	Extintor	1	195,85	195,85
Unidad	Par de guantes aislantes hasta 24 kV	1	113,75	113,75
Unidad	Taburete aislante hasta 24 kV	1	68,47	68,47
Unidad	Placa con simbología: "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Unidad	Placa con simbología: "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Unidad	Cuadro de baja tensión	1	490,51	490,51
Unidad	Cuadro de contadores	1	4234,51	4234,51
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	8	14,3	114,4
TOTAL				6056,486



7.6. Puestas a tierra del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 7 x 6 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm ² y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 6 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm ² . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	2600	2600
Unidad	Tierra de servicio realizada en hilera con 18 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm ² uniendo 4 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 4 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm ² RV-K 0,6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	1553,75	1553,75
TOTAL				4153,75

7.7. Resumen capítulo centro de transformación

Presupuesto total capítulo	Importe (€)
Obra civil	849,6
Caseta centro de transformación	8753,49
Transformador	7666,07
Media tensión	10255
Baja tensión	6056,486
Puesta a tierra	4153,75
TOTAL	37734,396

**8. Capítulo VIII: Compensación de energía reactiva**

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Batería de compensación automática, 225 KVAR Incluido conexión y puesta en marcha. Marca: Legrand Modelo: M22540, 400V.	1	5716,08	5716,08
TOTAL				5716,08



9. Capítulo IX: Equipo de seguridad y salud

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	5	3,73	18,65
Unidad	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	3	54,45	163,35
Unidad	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
Unidad	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
Unidad	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	5	3,14	15,70
Unidad	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	5	0,81	4,05
Unidad	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	10	3,12	31,20



Unidad	Juego de tapones antirruido de silicona ajustables. Certificado CE.	15	1,41	21,15
Unidad	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	3	2,80	8,40
Unidad	Chaleco de trabajo de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	10	13,50	135,00
Unidad	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	3	2,63	7,89
Unidad	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	5	5,89	29,45
Unidad	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	5	15,29	76,45
Unidad	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	15	1,40	21,00
Unidad	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	10	9,32	93,20
Metros lineales	Cinta balizamiento bicolor rojo- blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	25	0,62	15,50
Unidad	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	3	3,45	10,35



	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110.			
Unidad	Medida la unidad instalada.	3	22,85	68,55
TOTAL				739,28



10. Resumen total del presupuesto

Descripción	TOTAL (€)
Acometida	10202,52
Protecciones	46767,77
Conductores, tubos y canalizaciones	73021,33
Puesta a tierra	2687,03
Alumbrado	67455,92
Tomas de corriente y elementos varios	2762,40
Centro de transformación	37734,40
Compensación de energía reactiva	5716,08
Seguridad y salud	739,28
Presupuesto de ejecución material	247086,73
Gastos generales (5%)	12354,34
Beneficio industrial (10%)	24708,67
Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A.	284149,73
I.V.A. (18%)	51146,95
Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.	335296,69
Redacción del proyecto (4%)	11365,99
Dirección del proyecto (4%)	11365,99
I.V.A. Onorarios(18%)	4091,76
Presupuesto total	362120,42

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de:

“TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO”

Pamplona, Julio de 2011

Xabier Madoz Belaunzarán



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011



INDICE

<u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u>	<u>PÁGINA.</u>
1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud.	3
2. Estudio de seguridad y salud de referencia.	3
2.1. Autor.	3
2.2. Número de operarios.	3
3. Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo.	3
4. Riesgos generales y su prevención.	4
5. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo.	4
5.1. El trabajo.	5
5.2. La salud.	5
5.3. Los riesgos profesionales.	5
6. Condiciones de seguridad.	7
6.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo.	7
6.2. Máquinas y equipos de trabajo.	8
6.3. Riesgo eléctrico.	8
6.4. Riesgo de incendio.	9
7. Medio ambiente físico.	10
7.1. Ruido.	10
7.2. Vibraciones.	10
7.3. Radiaciones.	11
7.4. Condiciones termo-higiénicas.	11
8. Contaminantes químicos biológicos.	11
8.1. Contaminantes químicos.	12
8.2. Contaminantes biológicos.	12
9. Planes de emergencia y evacuación.	12
9.1. Medicina preventiva y primeros auxilios.	13
9.2. Formación sobre seguridad.	13
10. Espacio de trabajo.	14
11. Normas implantadas en el presente proyecto.	14
11.1. Normas generales.	14
11.2. Prevención de accidentes por caídas.	15
11.3. Prevención de accidentes oculares.	16



11.4. Prevención de accidentes por corte.	16
11.5. Prevención de accidentes por atrapamiento.	16
11.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales.	17
11.7. Prevención de accidentes en máquinas eléctricas portátiles.	17
11.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas.	17
11.9. Prevención de accidentes de máquinas herramienta.	18
11.10. Prevención en almacenamientos.	18
11.11. Prevención de accidentes eléctricos.	19



ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

2. Estudio de seguridad y salud de referencia

2.1. Autor

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero técnico industrial Xabier Madoz Belaunzarán, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

2.2. Número de operarios previstos

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinticinco por lo que no se prevé que haya nunca más de veinte simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

3. Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la



seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

Objetivos:

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave industrial del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

4. Riesgos generales y su prevención

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales (Termo higrométricas).
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

5. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo



5.1. El trabajo

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal....

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de maquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

5.2. La salud

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

5.3. Los riesgos profesionales

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.



a) Condiciones de trabajo:

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Elas son:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

b) Factores de riesgo:

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador.

El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.
 - Lugar y superficie de trabajo.
 - Maquinas y equipos de trabajos.
 - Riesgos eléctricos.
 - Manipulación, transporte,...
- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificada por el proceso de producción.
 - Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
 - Iluminación.
 - Ruido.
 - Vibraciones.
 - Radiaciones (ionizantes o no).
- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:
 - Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o



vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.

- Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.

- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.

- Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.

- Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...).

- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:

- Seguridad en el trabajo.
- Higiene industrial.
- Medicina del trabajo.
- Psicosociología.
- Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

6. Condiciones de seguridad

6.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...



- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

6.2. Máquinas y equipos de trabajo

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados.
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

6.3. Riesgo eléctrico

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:



- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

6.4. Riesgo de incendio

Antes de hincar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales. Es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Cloacas.
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas.
- Sistemas de semáforos.
- Canalizaciones de servicios de refrigeración.
- Canalizaciones de vapor.
- Canalizaciones para hidrocarburos.

Para paliar los riesgos antes citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.



Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder).
- Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión).
- Fuente de calor (foco de calor).
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego).

Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones.
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

7. Medio ambiente físico

7.1. Ruido

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hercios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

7.2. Vibraciones

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo. Pueden producir varios efectos:



- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...).
- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas).
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

7.3. Radiaciones

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos g, partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita.

Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo.

Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.

- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

7.4. Condiciones termo-higiénicas

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.

8. Contaminantes químicos y biológicos



8.1. Contaminantes químicos

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- Vía digestiva, todo el aparato digestivo mas las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto.
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidantes biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
 - Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia).
 - Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

8.2. Contaminantes biológicos

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.

9. Planes de emergencia y evacuación



9.1. Medicina preventiva y primeros auxilios

- 1) Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.
- 2) Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **ALSASUA:** Centro de Salud (Ambulatorio)

Calle Celandi-Zelandi S/N, 31800 Alsasua - 948 56 49 66
Distancia: 1,9 km

- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00
Distancia: 51,1 km.

- **VITORIA:** Hospital Santiago Apostol

Calle Olagibel 27, 01004 – 945 00 76 00
Distancia: 49,5 km.

9.2. Formación sobre seguridad

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad.

El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.



10. Espacio de trabajo

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

11. Normas implantadas en el presente proyecto

11.1. Normas generales

- a) Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
- b) Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- d) El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- e) El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- f) Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- g) Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- h) Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriaguez.
- i) No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.



- j) En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- k) Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- l) No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- m) Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- n) En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de protección personal.
- o) No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- p) Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,...
- q) Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

11.2. Prevención de accidentes por caídas

- a) Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- b) Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- c) No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
- d) Señalizar y/o tapar los huecos que suponga riesgos de caídas.
- e) Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- f) Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
- g) Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.



11.3. Prevención de accidentes oculares

- a) Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- b) El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- c) Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- d) El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

11.4. Prevención de accidentes por corte

- a) En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
- b) Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
- c) El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tablones punzantes, cortantes o con aristas vivas.
- d) Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

11.5. Prevención de accidentes por atrapamiento

- a) Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- b) Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- c) No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- d) Se debe tener precaución con el movimiento de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.



11.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales

- a) Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
- b) Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
- c) Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

11.7. Prevención de accidentes en máquinas eléctricas portátiles

- a) Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- b) Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- c) Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
- d) En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
- e) Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
- f) En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

11.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas

- a) Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ello se deben revisar periódicamente.
- b) Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.



- c) Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
- d) No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

11.9. Prevención de accidentes de máquinas herramienta

- a) Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- b) Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- c) No se debe hacer ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.
- d) En operaciones con máquinas herramienta, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.

11.10. Prevención en almacenamientos

- a) Al almacenar los materiales se deberá cuidar:
 - Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
 - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
 - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
- b) Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes
- c) Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
- d) Tipo de apilado:
 - Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
 - De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.



11.11. Prevención de accidentes eléctricos

- a) Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
- b) Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.
- c) Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
- d) Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- e) No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- f) Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
- g) No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.
- h) Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
- i) Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:
 - Desconectar la corriente.
 - Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
 - Practicar la respiración artificial inmediatamente.
 - Avisar al médico.
- j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:
 - Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
 - Para utilizar un aparato o instalación eléctrica, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
 - No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.
 - En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.



- En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.

Pamplona, Julio de 2011

Xabier Madoz Belaunzarán



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL
EN BAJA TENSION CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 7:BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Xabier Madoz Belaunzarán

Tutor: Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 18 de Julio de 2011

**INDICE****BIBLIOGRAFÍA****PÁGINA**

1. Reglamentos, normativas y libros	2
2. Catálogos consultados	2
3. Páginas web consultadas	3



7.1. Reglamentos, normativas y libros

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.

7.2. Catálogos consultados

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Toda serie de catálogos ABB.



- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos LEGRAND.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catálogo de protecciones MERLIN GERIN.
- Catálogo de armarios y cofrets MERLIN GERIN.
- Catálogo de GENERAL CABLE.
- Catálogo de ORMAZABAL.
- Catálogo de TABALSA.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc.
- Catálogo KKK

7.3. Páginas web consultadas

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto:

Las páginas web son las siguientes:

- GENERAL CABLE. (<http://www.general-cable.es>).
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
- LEGRAND. (<http://www.legrand.es>).
- INDUSTRIAS ARRUTI. (<http://www.arruti.com>).
- TABALSA (<http://www.tabalsa.com>).
- NIESSEN (<http://www.abb.es>).
- ABB (<http://www.abb.es>).
- MERLIN GERIN (<http://www.schneider-electric.com>).
- VOLTIMUM (<http://www.voltimum.es>).
- KKK ELECTRO MATERIALES (<http://www.kkk.es>).
- NAISA (<http://www.naisa.es>).